

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE AGROSILVO PASTORIL
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



TESIS

**“INFLUENCIA DEL ÁCIDO -3- INDOL BUTÍRICO Y TIPO DE
SUSTRATO EN EL ENRAIZAMIENTO DE *Plukenetia*
huayllabambana EN CÁMARAS DE SUB IRRIGACIÓN EN
LA PROVINCIA DE SAN MARTÍN”**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

PRESENTADO POR EL BACHILLER:

GIANFRACO ANGULO RÍOS

TARAPOTO - PERÚ

2016

2017-07-2016
D. N. D. D. D.

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE AGROSILVO PASTORIL
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



TESIS

**“INFLUENCIA DEL ÁCIDO -3-INDOL BUTÍRICO Y TIPO DE
SUSTRATO EN EL ENRAIZAMIENTO DE *Plukenetia
huayllabambana* EN CÁMARAS DE SUB IRRIGACIÓN EN
LA PROVINCIA DE SAN MARTÍN”**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

PRESENTADO POR EL BACHILLER:

GIANFRANCO ANGULO RÍOS

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE AGROSILVO PASTORIL
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**

ÁREA DE SUELOS Y CULTIVOS

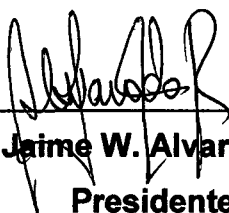
TESIS

**“INFLUENCIA DEL ÁCIDO -3-INDOL BUTÍRICO Y TIPO DE
SUSTRATO EN EL ENRAIZAMIENTO DE *Plukenetia
huayllabambana* EN CÁMARAS DE SUB IRRIGACIÓN EN LA
PROVINCIA DE SAN MARTÍN”**


**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGRÓNOMO**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER:
GIANFRANCO ANGULO RÍOS**

COMITÉ DE TESIS


Ing. Dr. Jaime W. Alvarado Ramírez
Presidente


Ing. María Emilia Ruíz Sánchez
Secretario


Ing. Marvin Barrera Lozano
Miembro


Ing. M.Sc. Guillermo Vásquez Ramírez
Asesor



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN - TARAPOTO

Unidad de Bibliotecas Especializadas y Biblioteca Central

FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN NO EXCLUSIVO PARA PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA EN REPOSITORIO DIGITAL

1. DATOS PERSONALES

Apellidos y Nombres: GIANFRANCO ANGULO RIOS		DNI : 45905298
Domicilio: Jr. Juan de la Riva Vásquez N° 512 - Tarapoto		
Teléfono 957473218	Correo Electrónico giangulo28@gmail.com	

2. DATOS ACADÉMICOS

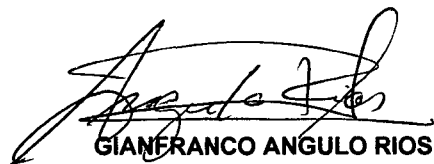
Facultad	: CIENCIAS AGRARIAS
Escuela Académico Profesional : AGRONOMÍA	

3. DATOS DE LA TESIS

Título: "INFLUENCIA DEL ÁCIDO -3-INDOL BUTÍRICO Y TIPO DE SUSTRATO EN EL ENRAIZAMIENTO DE <i>Plukenetia huayllabambana</i> EN CÁMARAS DE SUB IRRIGACIÓN EN LA PROVINCIA DE SAN MARTÍN"
Año de Publicación 2016

4. AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN VERSIÓN ELECTRÓNICA

A través de la presente autorizo a la Unidad de Bibliotecas Especializadas y Biblioteca Central – UNSM – T, para que publique, conserve y sin modificarla su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en su Repositorio Institucional su obra a texto completo el citado título (Resolución Rectoral N° 212-2013-UNSM/CU-R).


GIANFRANCO ANGULO RIOS
DNI 45905298

Fecha de recepción: / /

DEDICATORIA

A DIOS por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida. Por los triunfos y momentos difíciles que me ha enseñado a valorarlo cada día más.

A mi madre por ser la persona que me ha acompañado durante todo mi trayecto estudiantil y de mi vida, que me ha demostrado que en el camino hacia la meta se necesita de la dulce fortaleza para aceptar las derrotas y del sutil coraje para derribar miedos

A mi padre quien con sus consejos ha sabido guiarme para cumplir mi carrera profesional.

A mi hermano que siempre ha estado junto a mí brindándome su apoyo.

Al amor de mi vida Patricia Paredes quien supo estar en los momentos que más lo necesité, por demostrar todo su apoyo para continuar y nunca renunciar.

A mis tíos Loyda y Alberto quienes fueron como padre y madre dispuestos a escucharme y ayudarme en cualquier momento.

A mis grandes amigos Iván y Jack con quienes compartimos tantas cosas y aprendimos que la amistad perdura para siempre.

A mis familiares, viejos amigos y a quienes recién se sumaron a mi vida para hacerme compañía con sus sonrisas y ánimos.

AGRADECIMIENTO

- A la Universidad Nacional de San Martín-T, en especial a los docentes de la Facultad de Ciencias Agrarias que contribuyeron a mi formación profesional.
- Al Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP-San Martín), con la Gerencia del Ing. M.Sc. Luis Arévalo López por todo el apoyo brindado y facilitar las instalaciones para el desarrollo del presente trabajo de tesis.
- Al Ing. Danter Cachique Huansi, co-patrocinador de la presente tesis.
- Al Ing. M.Sc. Guillermo Vásquez Ramírez, asesor del presente trabajo, por su valiosa dirección y supervisión de la presente tesis.
- Al Instituto Peruano del Sacha Inchi y Oleaginosas Promisorias-IPSI por el apoyo incondicional en el análisis estadístico del presente trabajo de investigación.

INDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
III. REVISIÓN DE LITERATURA	4
3.1 Generalidades de la especie en estudio	4
3.1.1 Clasificación botánica	4
3.1.2 Origen y distribución	4
3.1.3 Caracteres de diagnósticos de los diferentes grupos de Plukenetia	5
3.1.4 Antecedentes del género Plukenetia	7
3.2 Importancia de la propagación vegetativa en especies heterocigotas.	8
3.2.1 Importancia de la investigación del género <i>Plukenetia</i>	9
3.3 Sistemas de propagación	10
3.3.1 Propagación asexual	11
3.4. Origen anatómico de las raíces	13
3.5. Fisiología del enraizamiento.	14
3.6 Factores involucrados con el enraizamiento de las estacas	15
3.6.1 Factores endógenos	16
a. Estado de maduración de la planta madre	16
b. Capacidad de enraizamiento según el origen de las estacas en la planta madre (orteto)	16
c. Tamaño de la estaca	17
d. Efecto de los reguladores de crecimiento.	18
3.6.2 Factores exógenos.	23
a. Temperatura ambiental	23
b. Humedad relativa	24
c. Medio de enraizamiento (sustrato).	25
3.7 El propagador de sub irrigación	27
3.8 Auxinas	27

3.8.1	Ácido -3- indol b3t3rico (AIB)	29
IV.	MATERIALES Y M3TODOS	30
4.1	Materiales	30
4.1.1	Ubicaci3n del experimento	30
4.1.2	Condiciones clim3ticas	30
4.1.3	C3mara de enraizamiento	30
4.1.4	Caracter3sticas del invernadero	31
4.2	Dise3o experimental	32
4.3	Componentes en estudio.	33
4.3.1	Material vegetativo	33
4.4	Tratamientos estudiados	33
4.4.1	An3lisis de varianza	34
4.5	Disposici3n experimental	34
4.6	Ejecuci3n del experimento	35
4.6.1	Construcci3n e implementaci3n del propagador	35
4.6.2	Construcci3n e implementaci3n del invernadero	36
4.6.3	Colecta	36
4.6.4	Cosecha de brotes al 3rea de propagaci3n	36
4.6.5	Preparaci3n de estacas	37
4.6.6	Tratamiento hormonal de las estacas	37
4.6.7	Establecimiento de las estacas en el propagador	38
4.6.8	Manejo de los propagadores de sub irrigaci3n	39
4.6.9	Trasplante del material enraizado	40
4.6.10	Periodo de aclimataci3n	40
4.7	Evaluaciones registradas	40
4.7.1	Porcentaje de enraizamiento (%)	41
4.7.2	N3mero de ra3ces	41
4.7.3	Longitud de ra3z mayor	41
4.7.4	Porcentaje de brotaci3n	41
V.	RESULTADOS	42
5.1	Porcentaje de enraizamiento	42

5.2	Número de raíces	44
5.3	Porcentaje de brotación	46
5.4	Longitud de raíz mayor	49
VI.	DISCUSION	51
VII.	CONCLUSIONES	61
VIII.	RECOMENDACIONES.	62
IX.	BIBLIOGRAFIA	63
	RESUMEN	
	SUMMARY	
	ANEXO	

INDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Principales caracteres diagnósticos de las especies peruanas del género <i>Plukenetia</i> .	6
2	Datos climáticos de Junio a Agosto del 2014, correspondiente el periodo experimental	30
3	Factores y niveles del experimento en cámara de sub irrigación	33
4	Distribución de los tratamientos en estudio	33
5	Análisis de varianza	34
6	Análisis de varianza del porcentaje de enraizamiento evaluado a los 30 días. Datos transformados Arcsen $\sqrt{\%/100}$	42
7	Análisis de varianza del número de raíz evaluado a los 30 días. Datos transformados Arcsen $\sqrt{x+1}$.	44
8	Análisis de varianza del porcentaje de brotación evaluado a los 30 días. Datos transformados Arcsen $\sqrt{\%/100}$	46
9	Análisis de varianza de longitud de raíz mayor evaluado a los 30 días	49

INDICE DE GRÁFICO

Gráfico		Página
1	Prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) para los promedios de los niveles del Factor A (Dosis de AIB) respecto al porcentaje de enraizamiento.	42
2	Prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) para los promedios de los niveles del Factor B (Tipo de sustrato) respecto al porcentaje de enraizamiento	43
3	Prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) para los Tratamientos A y B en el porcentaje de enraizamiento	43
4	Prueba de Tukey ($\alpha=0.05$), para los promedios de los niveles del Factor A (Dosis de AIB) número de raíces.	44
5	Prueba de Tukey para los promedios de los niveles del Factor B (Dosis de AIB) respecto al número de raíces	45
6	Prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) para los Tratamientos A y B para el numero de raíces	45
7	Prueba de Tukey ($\alpha=0.05$), para los promedios de los niveles del Factor A (Dosis de AIB) respecto al porcentaje de brotación.	46
8	Prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) para los promedios de los niveles del Factor B (Tipo de sustrato) respecto al porcentaje brotación	47
9	Prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) para los Tratamientos A y B en el porcentaje de brotación	47
10	Efecto en la interacción del factor A (Dosis de AIB) dentro de los promedios de los niveles del factor B (Tipo de sustrato) al porcentaje de brotación.	48
11	Efecto en la interacción del factor A (Dosis de AIB) dentro de los promedios de los niveles del factor B (Tipo de sustrato) al porcentaje de brotación.	48
12	Prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) para los promedios de los niveles del Factor A (Dosis de AIB) respecto a la longitud de la raíz mayor	49

- | | | |
|----|---|----|
| 13 | Prueba de Tukey ($\alpha=0.05$), para los promedios de los niveles del Factor B (Dosis de AIB) respecto a la longitud de raíz mayor | 50 |
| 14 | Prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) para los Tratamientos A y B respecto a la longitud de la raíz mayor | 50 |

INDICE DE FIGURA

Figura		Página
1	Exsicata de <i>Plukenetia huayllabambana</i>	5
2	Semillas de las especies del género <i>Plukenetia</i>	7
3	Cámara de sub irrigación	31
4	Características del invernadero	32
5	Construcción de la cámara de subirrigación	35
6	Preparación de estacas	37
7	Tratamiento hormonal de las estacas	38
8	Establecimiento en el propagador	39
9	Trasplante del material vegetal	40

LISTA DE SIGLAS, ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS

- **INTECO.**- Instituto Nacional de Tecnologías de la Comunicación – España.
- **I.E.**- Institución Educativa
- **TIC.**-Tecnologías de la Información y la Comunicación.
- **NTICs.**- Nuevas Tecnologías de la Información y Comunicación.
- **Top ten.**- Los 10 primeros.
- **On line.**- en línea, en internet.
- **Facebook** .- Red social de internet.
- **MySpace.**- Red social de internet.
- **Hi5**- Red social de internet.
- **Sonico.**- Red social de internet.
- **Flickr.**- Red social de internet.
- **Social network** .- red social.
- **GE.**- grupo experimental
- **GC.**- grupo control.
- **PEA.**- Proceso de enseñanza aprendizaje.

I. INTRODUCCIÓN

En el mundo son dos las especies del género *Plukenetia* conocidas como sachapichi: *volubilis* y *huayllabambana*. que tienen gran demanda internacional en el rubro de nutraceuticos, éstas presentan en su semilla ácidos grasos esenciales tipo omegas 3, 6 y 9, proteínas, y vitamina E en cantidades significativamente elevadas con respecto a las semillas de otras oleaginosas, construyéndose en la actualidad con los productos banderas en el rubro nutraceuticos del país.

Plukenetia huayllabambana (Bussmann et al., 2009), es una especie nueva recientemente redescubierto como cultivo promisorio por las múltiples ventajas que representa para otras especies del mismo género en el marco del proceso en mejora vegetal.

Las especies de este género, se viene multiplicando por semilla botánica. Sin embargo, no es el más indicado para la propagación de plantas madres en el trabajo de mejoramiento por estar en función de la recombinación genética, resultando una población heterogénea en la descendencia (Sevilla y Holle, 2004).

En cambio con la propagación por estacas, se logra una réplica del ADN; es decir, toda la información genética de la planta madre. En efecto, se considera el más adecuado y confiable para los trabajos de mejoramiento genético en la propagación de plantas madres, ya que mantiene el genotipo parental, no es necesario hacer polinizaciones artificiales ni aislamientos, no hay problemas con la segregación ni

con la dominancia o la interacción entre genes no alélicos, preservando sus características en la descendencia.

En la actualidad la Universidad Nacional de San Martín –Tarapoto, se encuentra como aliado estratégico en el proyecto “Identificación y caracterización de nuevas especies del género *Plukenetia*, (Euphorbiaceae) con potencial nutraceutico en la Amazonia Peruana”, ya que teniendo en cuenta la importancia de conocer los parientes silvestres del Sacha Inchi, el presente trabajo de investigación busca determinar una dosis de ácido-3-indol butírico (AIB) y un tipo de sustrato apropiado en el éxito de la propagación, haciendo uso de una tecnología sencilla, como es la utilización de propagadores de sub irrigación, como parte de un componente del sub proyecto.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Evaluar la respuesta del enraizamiento de *Plukenetia huayllabambana* (Bussmann, 2009), utilizando diferentes dosis de ácido-3-indol butírico y tipos de sustratos en cámaras de sub irrigación en la provincia de San Martín.

2.2 Objetivos específicos

Determinar la mayor respuesta del enraizamiento de *Plukenetia huayllabambana* (Bussmann, 2009), a través de cuatro dosis de ácido-3-indol butírico en propagadores de sub irrigación.

Determinar la mejor respuesta del enraizamiento de *Plukenetia huayllabambana* (Bussmann, 2009), utilizando dos sustratos en propagadores de sub irrigación.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 Generalidades de la especie en estudio

3.1.1 Clasificación botánica

Según Itis.gov., presentan la siguiente clasificación:

Reino: Plantae

División: Tracheophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Euphorbiales

Familia: Euphorbiaceae

Género: *Plukenetia* (Linnaeus, 1753)

Especie: *huayllabambana* (Bussmann *et al.*, 2009)

3.1.2 Origen y distribución

El género *Plukenetia* comprende de 17 especies de distribución pantropical, 12 de América, tres de África, una de Madagascar y una de Asia. En México se encuentran *P. carabiasiae* J. Jiménez Ram.; *P. penninervia* Müell. Arg. y *P. stipellata* L: .J. (Gillespie, citado por Galluser, 2004).

Plukenetia huayllabambana (Bussmann *et al.*, 2009), es originaria de la región Amazonas, Provincia de Rodríguez de Mendoza, tiene un par de glándulas basilaminares, relativamente distantes del peciolo, borde (crenado) y base de la hoja (caudada), base del tallo (hexagonal), cápsula (cuadrangular con ángulos quillados), tamaño de la cápsula (diámetro aprox 6 a 8 cm), superficie de la semilla (rugosa), forma de la semilla (ligeramente aplanada), tamaño de

la semilla (media = 2.38 x 1.66 cm). En la figura 1, se observa las características de *Plukenetia huayllabambana* (Bussmann *et al.*, 2009).

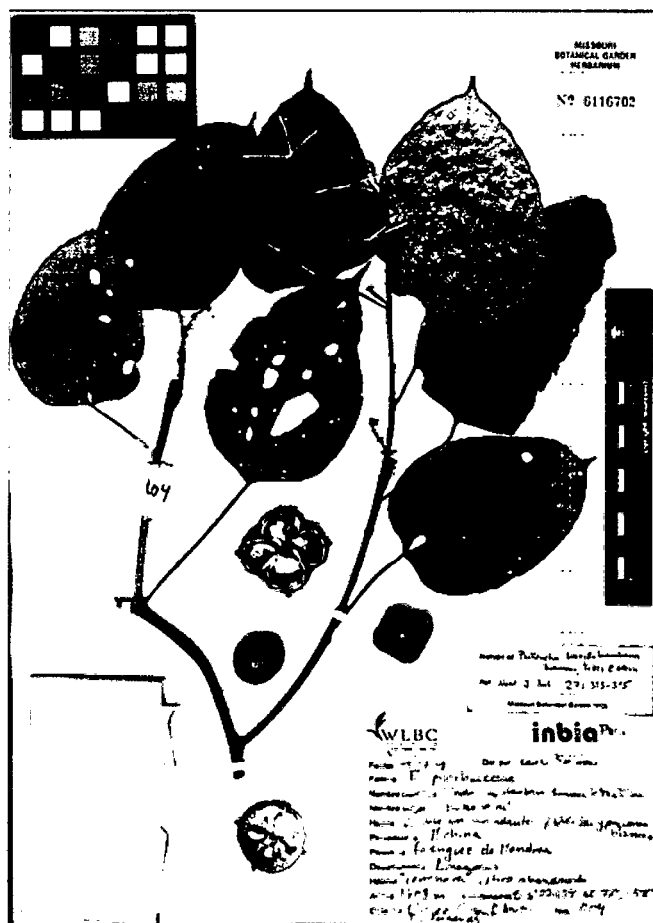


Figura 1: Exsicata de *Plukenetia huayllabambana* (Bussmann *et al.*, 2009), (Vega, 2013).

3.1.1 Caracteres de diagnósticos de los diferentes grupos de *Plukenetia*

Se han realizado observaciones sobre algunas diferencias morfológicas encontradas en los diferentes grupos de *Plukenetia*, identificándose caracteres diagnósticos de las especies reportadas para la Amazonía Peruana, y asimismo estas observaciones han permitido diferenciar las especies del género *Plukenetia* conocidas y entre ellos mismos. Los principales caracteres morfológicos diferenciales observados entre los grupos

del género *Plukenetia* se presentan a nivel de fruto, semilla, hoja y tallo. En el cuadro 1, se muestran las principales características morfológicas del género *Plukenetia* (Bussmann *et al.*, (2009).

Cuadro 1. Principales caracteres diagnósticos de las especies peruanas del género *Plukenetia* (Bussmann *et al.*, 2009).

Caracteres observados	<i>P. loretensis</i>	<i>P. volubilis</i> Ecotipo San Martín	<i>P. huayllabambana</i>
Glándulas foliares basilaminares	Glándulas basilaminares en uno o más pares próximas al pecíolo	Par de glándulas basilaminares próximas al pecíolo.	Par de glándulas basilaminares, relativamente distantes de pecíolo.
Borde y base de la hoja	Borde crenado y base caudada.	Borde crenado y base caudada.	Borde crenado y base caudada
Base del tallo	Redondeado	Redondeado	Hexagonal
Fruto (cápsula)	Cada carpelo con cornículo agudo	Cuadrangular con ángulos quillados	Cuadrangular con ángulos quillados
Tamaño de la cápsula	Diámetro aproximado 1.15 cm.	Diámetro aproximado de 5 a 6 cm.	Diámetro aproximado de 6 a 8 cm
Superficie de la semilla	Lisa	Lisa	Rugosa
Forma de la semilla	Redondeada	Aplanada	Ligeramente aplanada
Tamaño semilla	Media = 0.51 x 0.42 cm	Media = 2.01x 0.85 cm	Media = 2.38 y 1.66 cm

Una de las características morfológicas diferenciales más saltantes, la encontramos en la forma y tamaño de las semillas de las diferentes especies y ecotipos de sachá inchi de la Amazonía Peruana (Fig. 2). Se han encontrado diferentes formas en la semillas que van desde redondeadas hasta ligeramente aplanadas; además existen diferencias en la superficie de

las semillas. Asimismo se observa una considerable variación en el tamaño de las semillas, siendo bastante pequeñas en *P. loretensis*, intermedias en los tres ecotipos de *P. volubilis* y grandes en *P. polyadenia*. Entre los tres ecotipos de *P. volubilis* también se observó estas variaciones, siendo que las semillas más pequeñas fueron encontradas en el ecotipo San Martín y las más grandes en el ecotipo Amazonas que hoy en la actualidad se le conoce como *P. huayllambambana* (Bussmann et al., 2009).

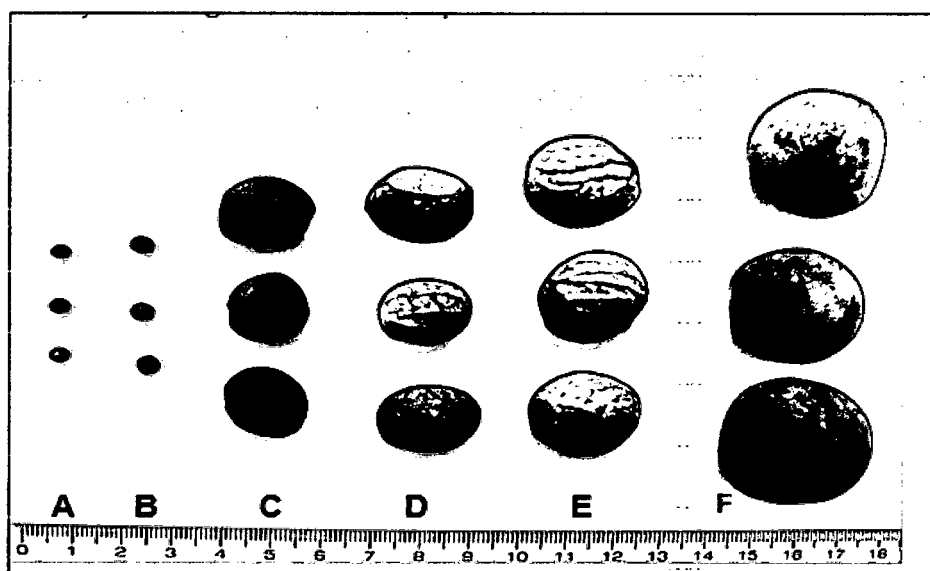


Figura 2. Semillas de las especies del género *Plukenetia*; A = *P. brachybotrya*; B = *P. loretensis*; C = *P. volubilis* ecotipo San Martín; D = *P. volubilis* ecotipo Cusco; E = *P. volubilis* ecotipo Amazonas; F = *P. polyadenia* (Rodríguez et al., 2010).

3.1.2 Antecedentes del género *Plukenetia*

Las diversas plantas conocidas como Sacha Inchi se propaga comúnmente por semilla, aunque también se puede realizar la propagación asexual o por estacas, según ensayos preliminares realizados por el IIAP – SM, en la cual se evaluó los efectos de dos tipos de sustratos, cinco dosis de ácido-3-indolbutírico (AIB), tres longitudes de estacas y cuatro áreas foliares sobre la

capacidad de enraizamiento de estacas juveniles del Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.), utilizando cámaras de subirrigación. En el primero se empleó un diseño completamente al azar en parcelas divididas conformado por diez tratamientos, cuatro repeticiones y doce estaquillas por unidad experimental y en el segundo se empleó un diseño completamente al azar con arreglo factorial de tres repeticiones, conformado por doce tratamientos y nueve estaquillas por unidad experimental. Se obtuvieron porcentajes de enraizamiento superiores al 90 por ciento. En general la especie puede ser enraizada fácilmente en arena y dosis de AIB de 0.2%, utilizando estacas de 8 cm de longitud con áreas foliares de 50 o 100 cm² (Cachique, 2011).

3.2 Importancia de la propagación vegetativa en especies heterocigotas

El desarrollo de estrategias de mejoramiento genético por vía asexual en especies altamente heterocigotas, se considera como el único método que permite la captura total e inmediata (en una sola generación) de la varianza genética (Rojas, 1990).

En una característica poligénica cualquiera, la varianza fenotípica puede ser descompuesta en: (Rojas, 1990).

$$\sigma^2P = \sigma^2a + \sigma^2d + \sigma^2i + \sigma^2e + \sigma^2ge$$

Dónde:

σ^2a = Varianza genética aditiva (o efecto medio de los genes).

σ^2d = Varianza dominante (interacción intraalélica).

σ^2i = Varianza epistática. (Interacción interalélica).

σ^2e = Varianza ambiental.

σ^2ge = Varianza de la interacción genotipo x ambiente.

La importancia de capturar la varianza genética total en la reproducción asexual, radica en que la mayoría de las características fenotípicas de interés comercial, tiene una alta proporción de varianza genética no aditiva ($\sigma^2_{na} = \sigma^2_d + \sigma^2_i$), es decir, que no es posible traspasarlas a los descendientes por medio de la recombinación genética (Rojas, 1990).

3.2.1. Importancia de la investigación del género *Plukenetia*

En la actualidad existen dos especies de gran valor en sus contenidos de omega 3,6 y 9 tal es el caso de *P. volubilis* y *P. huayllabambana*, además en el caso de *Plukenetia volubilis* se cuenta con Normas Técnicas Peruanas en aceites, buenas prácticas de post cosecha y trazabilidad (Promperú, 2013).

The Food and Drug Administration (FDA) - la autoridad sanitaria de Estados Unidos - ha declarado que el aceite de Sacha Inchi es un alimento seguro para el consumo humano, al otorgarle la condición Generally Recognized as Safe (GRAS). Este reconocimiento permitirá incrementar las exportaciones del producto hacia este mercado de destino.

Además en febrero del 2014 cuatro empresas peruanas (Agroindustrias OSHO; Amazon Health Products; RODA Selva y Olivos del Sur) lograron la aprobación del aceite de Sacha Inchi para el mercado europeo al lograr su exclusión de la lista Novel Food. El régimen Novel Food impide el ingreso de alimentos al mercado europeo que no tienen un historial significativo de consumo significativo en la Unión Europea.

Esto determina que en la actualidad se debe contar con un plan de mejora vegetal del género *Plukenetia*, ya que presenta varias especies como *Plukenetia huayllabambana*, entre otras, para lo cual tener este fin se debe contar con material genético para empezar su estudios posteriores

3.3 Sistemas de propagación

La propagación de las plantas se lleva a cabo mediante dos formas fundamentales: la reproducción sexual y la multiplicación vía asexual, que presentan diversas modalidades de acuerdo a la aptitud y morfología de cada especie (Rocha, 1998).

Según Jinks (1995), las funciones de propagación son: las de mantener una atmósfera de baja evaporación y minimizar la pérdida de agua en las estacas, sin llegar a afectar la aireación del medio de enraizamiento; asegurar temperaturas adecuadas para la formación de raíces en la base de las estacas; y proveer niveles de luz para la fotosíntesis.

El uso de sombra en los sistemas de propagación tiende a reducir la temperatura en las hojas así como la presión de vapor dentro de estas. Con la llegada de los sistemas de propagación mediante nebulización por aspersión, el efecto del enfriamiento del vapor permitió una reducción en el uso de la sombra; además, redujo el gradiente de presión de vapor foliar al incrementar la humedad (Loach, 1977).

Es por ello que surgió la idea de crear un sistema más simple y económico capaz de funcionar en condiciones de ausencia de electricidad y de agua de cañería, el cual es el propagador de polietileno (Leakey, 1990), también llamado el propagador de sub-irrigación (Mesén, 1998).

Bajo condiciones tropicales, el propagador de sub irrigación también mantiene las temperaturas del aire y del sustrato dentro de los rangos normales para el enraizamiento de especies forestales (20 - 25 °C y 18 - 30 °C, respectivamente) (Mesén, 1998).

3.3.1. Propagación asexual

La reproducción asexual puede ser; a) por medio de partes vegetativas, como tubérculos, estacas, rizomas, estolones o bulbos; y b) por medio de semillas no fertilizadas o apomixia. Toda la progenie de una planta reproducida asexualmente es genéticamente igual, y constituye un clon. Todas las plantas que forman un clon son genéticamente iguales entre sí y con la planta madre (Sevilla y Holle, 2004). Más específicamente, es posible porque cada célula que compone la planta contiene la información genética necesaria para generar otro individuo de similares características al del original, denominado clon (Kains y Mcquesten *et al.*, 1993). Es probable, que en algunos casos no se aprecien las características fenotípicas del individuo original, debido a que el nuevo individuo puede ser influenciado por la variación ambiental (Zobel y Talbert, 1988), pero si es claro, que el nuevo individuo es genéticamente idéntico al original.

La propagación vegetativa comprende división celular mitótica, vale decir que es aquella donde se produce una replicación del material genético (o del sistema cromosómico) y del citoplasma de la célula madre a las dos células hijas. Esta condición origina, posteriormente, crecimiento y diferenciación de tejidos somáticos (Hartmann y Kester, 1996). Luego las plantas propagadas vegetativamente reproducen, por medio de la replicación del ADN, toda la información genética de la planta madre, por lo que las características de la planta individual se mantienen a través del tiempo en la propagación asexual o vegetativa (Cabello, 2000).

Una de las características más significativas de la clonación se refiere a que todos los descendientes del clon tienen el mismo genotipo básico, por lo cual la población tiende a ser fenotípicamente muy uniforme. Por lo general, toda la progenie de un clon tiene el mismo aspecto, tamaño, época de floración, época de maduración, etc., haciendo con ello posible la estandarización de la producción y otros usos del cultivar (Hartmann y Kester, 1996).

Resumiendo, la importancia de la reproducción asexual radica en la posibilidad de propagar, a escala operativa, material genético de alto valor, asegurando rápidas ganancias genéticas debido a la selección y reproducción de genotipos individuales. Además, captura los componentes aditivos y no aditivos de la varianza genética, lo que permite producir masas uniformes y productivas (Zobel y Talbert, 1988; Santelices, 1998). Sin embargo, entre las plantas de un clon puede ocurrir variabilidad y cambios conducentes a la deterioración (Zobel y Talbert, 1988; Hartmann y Kester, 1996).

Probablemente, el deterioro de mayor importancia sea el efecto del ataque de agentes patógenos, principalmente virus y plagas (Hartmann y Kester, 1996). Macdonald (1986), señala y agrega a éstos, la variación genética (mutaciones) como también principal fuente de variabilidad de las plantas de un clon.

Para Zobel y Talbert (1988), la propagación vegetativa tiene ventajas desde el punto de vista investigativo, como lo son:

- a. La valoración genética del material vegetal, incluyendo estudios de interacción genotipo – ambiente.
- b. Determinación de la magnitud y control de los efectos ambientales comunes o efectos que prevalecen en algunas especies.
- c. Preservación de genotipos y complejos genéticos en bancos clonales y jardines de multiplicación para fines específicos.
- d. Reducción del ciclo reproductivo para acelerar los procesos y prueba de cruzamiento.

3.4 Origen anatómico de las raíces

Botti (1999), menciona que la formación y el desarrollo de raíces a partir de estacas puede dividirse en cuatro etapas: inducción y diferenciación de un grupo de células meristemáticas (inicio de división celular); aumento de las divisiones celulares para formar los primordios iniciales (aún no determinados); organización de estos grupos en primordios radicales (cuando hay aproximadamente 1500 células en cada primordio inicial) y

crecimiento, diferenciación y emergencia de las nuevas raíces, incluyendo la ruptura de tejidos superficiales para permitir su salida y la conexión vascular con los tejidos vasculares de la estaca.

Los tejidos de los tallos más susceptibles a formar primordios radicales son: epidermis, parénquima cortical, parénquima radial, cambium vascular y parénquima floemático (Botti, 1999).

Gutiérrez (1995), señala que la formación de raíces depende de una serie de factores internos o endógenos, los que interactúan, en forma compleja, generando cambios en el metabolismo, la dediferenciación y el crecimiento.

El tiempo para la formación de las raíces adventicias dentro de la cámara de propagación, varía enormemente, desde pocos días a muchas semanas dependiendo de la especie, de las condiciones del ambiente así como del estado fisiológico de las estacas (Mesén, 1993).

Santelices (2007), en algunas estacas de *N. glauca* logró inducir la formación de raíces sin que en forma previa hubieran desarrollado callo. Con ello queda de manifiesto que en el proceso de rizogénesis no necesariamente debe ocurrir una secuencia en la formación de callo y raíces.

3.5 Fisiología del enraizamiento

Para explicar el proceso de inducción de raíces, normalmente se recurre a la teoría desarrollada por Bouillene, la cual establece que un compuesto fenólico

(posiblemente dehidroxifenol) actúa como cofactor del enraizamiento. Dicho cofactor es producido en las hojas y las yemas de la estaca, siendo translocado posteriormente a la región de enraizamiento, donde en presencia de un cofactor no específico (auxinas), y de una enzima específica localizada en las células de ciertos tejidos (polifenol oxidasas), completan un complejo (la rizocalina) que actúa como estimulante de la rizogénesis. Los factores que componen este complejo, junto con otros determinantes de naturaleza endógena y ambiental, harían posible el enraizamiento, mientras que la ausencia de algunos de ellos la impediría (Gutiérrez, 1995).

Un cofactor se puede definir como una sustancia natural con acción catalítica y reguladora del metabolismo, pero cuya acción no es suficiente por sí misma para determinar fenómenos de desarrollo, sino que actúan a manera de coenzimas (Rojas, 1972 citado por Mansilla, 2004).

3.6 Factores involucrados con el enraizamiento de las estacas.

Banerjee (1994), atribuye el éxito del enraizamiento a una serie de variables endógenas y exógenas.

A su vez, el enraizamiento está influenciado por factores genéticos, como lo es la variación clonal en cuanto a la capacidad para enraizar. Aquellos factores no genéticos que influyen el enraizamiento de las estacas, han sido definidos como “efectos C”, los cuales pueden ser divididos en efectos maternos específicos de la estaca individual, debido a su posición (ej.

tamaño, tipo), y efectos maternos causados por diferentes condiciones ambientales y edad (Radosta *et al.*, 1994).

3.6.1. Factores endógenos

a. Estado de maduración de la planta madre

Uno de los principales problemas en la propagación vegetativa por medio de estacas, es el grado de madurez que presenta la planta madre (orteto), pues a mayor madurez, se presentan reducciones en el porcentaje y velocidad del enraizamiento, un menor número de raíces formadas, crecimiento menos vigorosos (Tousignant *et al.*, 1995).

La baja capacidad de enraizamiento de estacas provenientes de material adulto, probablemente se debe a que en la copa de los árboles, los brotes están compitiendo por agua y por nutrientes debido al efecto de sombramiento que se da; así mismo, en el material adulto, es posible que las funciones de los genes están más definidas hacia la producción de ciertas estructuras, siendo más difícil que las células regresen al estado meristemático (Leakey y Mesén, 1991).

b. Capacidad de enraizamiento según el origen de las estacas en la planta madre (orteto)

Se ha observado que las propiedades morfológicas y fisiológicas cambian a lo largo de árbol, como consecuencia de la maduración del meristemo apical y de los meristemos laterales, siendo este proceso transmitido a las estacas (rametos) con la propagación vegetativa. Las relaciones más

conocidas entre orteto-rametos son la topófisis y la ciclófisis, definida la topófisis como la variación de crecimiento de las estacas tomadas a diferentes lugares a lo largo de una guía original, y la ciclófisis como el proceso de maduración de los meristemos apicales (Pastur *et al.*, 1994).

c. Tamaño de la estaca

Se ha demostrado que el tamaño de la estaca (longitud y diámetro) tiene influencia en el proceso de enraizamiento, encontrándose una relación positiva entre longitud y el porcentaje de enraizamiento, debido a la mayor capacidad de almacenaje de productos fotosintéticos (Leakey y Mohammed, 1985). Así como por la función de sumidero y de fotosíntesis que muestran los tallos de las estacas (Wilson, 1994).

En estudios realizados con estacas juveniles de distintas longitudes (4, 6 y 8 cm) de la especie *Cedrela odorata* (Díaz, 1992), demostró que las estacas de longitudes de 6 cm y de 8 cm mostraron los mayores porcentajes en cuanto a la longitud de raíces, no así para el número de raíces, lo cual demuestra la existencia de una longitud de estaca óptima para el enraizamiento.

Tradicionalmente se ha dicho que estacas con dos yemas enraízan mejor que con una sola yema; sin embargo, la razón no radica en el número de yemas, sino simplemente que una estaca con dos yemas es más larga que con una sola. En *Tryplochiton scleroxylon*, la longitud de la estaca fue más importante que el efecto debido a la posición de la estaca en la rama.

Un aumento en la longitud de entrenudos estimuló el enraizamiento de las estacas con una sola yema. La correlación entre la longitud y el porcentaje de enraizamiento fue mejor cuando la distancia entre las yemas de origen aumentaba de la base al ápice (dirección acrópeta) que cuando la distancia aumentaba del ápice a la base (dirección basípeta). Sin embargo, aislando los efectos de ambas variables en el enraizamiento de estacas, se observó que la longitud era más determinante que la posición de origen, descartando la estaca más apical por sus altos contenidos de agua (Leahey y Mohammed, 1985).

d. Efecto de los reguladores de crecimiento

Existe cierto número de compuestos sintéticos que cuando son introducidos en la planta con frecuencia producen resultados similares a aquellos causados por las hormonas que ocurren naturalmente. Estos compuestos han sido denominados "Reguladores de Crecimiento Vegetal" o Fitorreguladores y no pueden ser llamadas hormonas (Barcelló, 1992; citado por Fanego, 2006).

Las auxinas, ha sido bien documentado el efecto que tienen las mismas en promover el desarrollo de raíces adventicias en la base de la estaca, por medio de la capacidad de promover la iniciación de primordios radicales y de transportar carbohidratos y cofactores a la base de la estaca (Leahey *et al.*, 1982 citados por Nuñez, 1997).

Existe un efecto directo de las auxinas en cuanto a la división celular y la elongación, así como en un aumento en el transporte de carbohidratos y cofactores foliares a la base de la estaca, donde se llega a promover el desarrollo y formación del primordio inicial (Haissig, 1974 citado por Nuñez, 1997).

El transporte de las auxinas se realiza en forma polar, quiere decir que en el tallo se dará en dirección basípeta y en la raíz en dirección acrópeta (Fanego, 2006). El transporte polar ocurre por la diferencia del potencial hídrico del tallo, el cual es positivo en la base y negativo en el ápice, como el IAA es un ácido que resulta ser electronegativo, es repelido por las células apicales y atraído por las basales (Valdés, 2001; citado por Fanego, 2006). El movimiento ocurre normalmente en los tejidos como un todo a través de las células, más bien que usando conductos del xilema y del floema. Presumiblemente el proceso de transporte implique una interacción entre el AIA y la membrana plasmática de las células de las plantas (Fanego, 2006).

La acción auxínica parece ser muy particular y se ejercería fundamentalmente en dos etapas: en la primera, el efecto es de estimulación del crecimiento, pero la duración del efecto estimulante se acorta progresivamente con el aumento de la concentración. Ello termina por provocar una inhibición que es la que caracteriza la segunda etapa. El agente responsable sería el etileno, cuya síntesis es estimulada cuando la

concentración de la auxina aumenta (Sivori, 1980 citado por Mansilla, 2004).

Hartmann y Kester (1996) indican que el propósito de tratar las estacas con reguladores de crecimiento es aumentar el porcentaje de enraizamiento, reducir el tiempo de iniciación de raíces y mejorar la calidad del sistema radical formado.

Las auxinas mejoran el transporte y la producción de la sacarosa en las hojas, que es uno de los factores que más ayudan al enraizamiento, por ser una fuente de carbono (Jarvis, 1986).

Las auxinas pueden ser aplicadas de varias formas, pero en general, los métodos más utilizados son la aplicación en mezclas con talco neutro, la inmersión rápida en soluciones concentradas (quick dip), remojo en soluciones acuosas diluidas y, exclusivamente para fines experimentales, la aplicación con microjeringas (Mesén, 1998). La técnica de inmersión rápida consiste en introducir la base de la estaca en una solución concentrada de la auxina por pocos segundos e insertar inmediatamente la estaca en el medio de propagación, si es en solución de alcohol, hay que evaporarlo antes de introducirlo (Mesén, 1998). El método de tratamiento con solución concentrada tiene varias ventajas respecto a otros; elimina la necesidad de disponer de equipos para remojar las estacas y después volverlas a manejar para insertarlas en el medio de enraíce. Además, es muy probable que se obtengan resultados más

uniformes debido a que las condiciones circundantes no influyen tanto en la absorción de la sustancia por las estacas como en los otros dos métodos (Hartmann y Kester, 1996).

Otros autores recomiendan el uso de alcoholes diluidos al 50% para no causar daños en el tejido vegetal. Sin embargo, existe el problema de que los ácidos no se disuelvan. Las soluciones deben ser ajustadas para cada especie, dependiendo del grado de lignificación de la estaca y la duración de la inmersión no debe ser prolongada (Blazich, 1988). El AIB es una auxina sintética químicamente similar al AIA que en la mayoría de las especies ha demostrado ser más efectiva que cualquier otra y es actualmente la de mayor uso como sustancia promotora de enraizamiento. Tiene la ventaja de que no es tóxica en un amplio rango de concentraciones, no es degradada fácilmente por la luz o microorganismos y al ser insoluble en agua, permanece por más tiempo en el sitio de aplicación donde puede ejercer un mayor efecto (Mesén, 1998).

La aplicación de reguladores de crecimiento para el enraizamiento se torna necesaria cuando el balance citocinina/auxina se encuentra muy alto. Por lo tanto, es necesario que haya un balance adecuado, especialmente auxinas, giberelinas y citocininas, o sea, un equilibrio entre promotores e inhibidores del proceso de iniciación radicular. La manera más común de promover ese equilibrio es a través de la aplicación exógena de reguladores de crecimiento sintéticos, como AIA (ácido

indolacético), AIB (ácido indolbutírico), o ANA (ácido naftalenacético), que pueden elevar el contenido de auxina en el tejido y proporcionar mayor porcentaje, velocidad, calidad y uniformidad de enraizamiento (Norberto, 1999; Wendling, *et al.*, 2000 citados por Torres, 2003).

Las plantas poseen varios mecanismos que reducen o anulan la efectividad del AIA, conjugándolos con otros compuestos o destruyéndolo, lo cual no sucede con el AIB o el ANA (Blazich, 1988). Dentro del rango normal de concentración de AIB utilizadas para la mayoría de las especies (0.1 - 0.2%), las concentraciones mayores también tienen un efecto positivo al inhibir el crecimiento de las yemas en las estacas durante las primeras semanas en el propagador, al inducir el transporte de asimilados hacia la base de la estaca y permitir el desarrollo de raíces sin competencia con un brote en crecimiento. Una vez que se forman las raíces, la recuperación del balance hídrico y las reacciones fotosintéticas en la planta restauran el balance de crecimiento entre el brote y las raíces. Si no se aplican auxinas, el brote podría empezar a desarrollarse en la estaca antes de la formación de las raíces. Esto crea un punto de atracción de asimilados hacia los brotes, en competencia con la base de la estaca, lo cual reduce el enraizamiento (Mesén, 1993).

En trabajos realizados por Díaz *et al.*, (1991); Díaz, (1992); Mesén *et al.*, (1996); Mesén, (1993); Mesén y Trejos, (1997); Nuñez, 1997), la concentración de 0.2 % de AIB ha dado los mejores resultados en *Alnus acuminata*, *Bombacopsis quinata*, *Cedrela odorata*, *Eucalyptus deglupta*,

Gmelina arborea y *Swietenia macrophylla*. Con *Platymiscium pinnatum*, las dosis de 0.2 % y 0.4 % de AIB fueron las mejores cuando se utilizó grava o arena como sustrato, respectivamente. Algunas especies respondieron mejor ante dosis mayores, por ejemplo *Terminalia oblonga*, (0.8%), *Cordia alliodora* (0.8 % 1.6%) y *Hyeromina alchomeoides* (1.6%), mientras que *Albizia guachapele* enraizó igualmente bien en concentraciones desde 0.05 % hasta 0.4 % de AIB. Contraria a todas las demás especies evaluadas, *Vochysia guatemalensis* presentó mayores porcentajes de enraizamiento cuando no se aplicó auxinas, aunque el número de raíces producidas en las estacas aumentó con dosis crecientes de AIB desde 0% hasta 0.8%; la concentración de 0.2% presentó el mejor balance entre enraizamiento y calidad del sistema radical formado

3.6.2. Factores exógenos

a. Temperatura ambiental

La temperatura ambiental óptima para el enraizamiento varía según la especie (Hartmann y Kester, 1997). La temperatura del aire en excesivo elevadas, tienden a estimular el desarrollo de las yemas con anticipación al desarrollo de las raíces y a aumentar la pérdida de agua por las hojas, hecho indeseable para la propagación (Hartmann y Kester 1987).

Mientras que bajas temperaturas, reducen el proceso fotosintético (Carrera, 1977, citado por Torres, 2003), y disminuyen el metabolismo de

las estacas, llevando a un mayor tiempo para el enraizamiento (Xavier, 2002, citado por Torres, 2003).

Botti (1999), señala que la mayoría de las especies requieren rangos diurnos de 20 a 27 °C, mientras (Hartmann y Kester, 1997) restringen el rango de 21 a 27 °C. La temperatura nocturna ideal debe estar alrededor de los 15 °C (Hartmann y Kester, 1997; Botti, 1999).

Muchas especies logran mayores porcentajes de enraizamiento y en menor tiempo cuando la temperatura del sustrato se mantiene entre 25 y 28 °C en los primeros 15 a 20 días, para luego disminuirla a entre 18 y 20 °C. Esta condición puede llegar a ser decisiva en el proceso de enraizamiento para algunas especies vegetales (Botti, 1999). Pero no siempre existen los medios económicos para poder implementar camas calientes (Evanz, 1952, citado por Henríquez (2004), menciona que la temperatura del aire debe mantenerse entre 27 y 29 °C y no pasar de 30 °C.

b. Humedad relativa

Es de gran importancia que las condiciones ambientales de temperatura y humedad en el sector de propagación puedan ser controladas, manteniéndolas dentro de los rangos adecuados (Botti, 1999). La humedad debe mantenerse alta; entre 70 y 80 % aproximadamente para evitar la deshidratación del material vegetal, especialmente en el caso de estacas verdes o herbáceas. Para ello es indispensable el empleo de

boquillas con riego fino intermitente (mist) o incluso un equipo que entregue niebla fina (nebulizado) cada vez que la humedad ambiental disminuya en el invernadero, de esta forma se mantiene la humedad adecuada del sustrato y se humedecen las hojas de las estacas, reduciendo a la vez la temperatura del medio y la transpiración de las estacas (Dirr y Heuser, 1987; Hartmann y Kester, 1997; Botti, 1999). La humedad relativa debe ser muy alta cercana al 100% para reducir la transpiración y asegurar el máximo turgor de las células de la hoja.

Mesén (1991), reafirma los efectos benéficos sobre las estacas, del ambiente de alta humedad relativa dentro del propagador; el mantenimiento de la turgencia es crítico durante las primeras semanas cuando las estacas aún no han desarrollado raíces que puedan compensar grandes pérdidas de agua por transpiración.

c. Medio de enraizamiento (sustrato)

El sustrato de propagación debe cumplir tres funciones muy importante para el éxito del proceso: sujetar las estacas, mantener la humedad y permitir el intercambio de gases (Hartmann y Kester, 1997; Botti, 1999). Por lo tanto, cualquier material o mezcla de materiales que se utilice debe permitir una buena retención de agua (sin acumularla excesivamente) y una aireación que permita un contenido de oxígeno adecuado para la respiración de los tejidos sometidos a la producción de nuevas raíces (Botti, 1999). También debe poseer un buen drenaje y estar libre de microorganismos (Peate, 1989). Además, debe contener un escaso

contenido de materia orgánica (Sandoval, 1997). El sustrato tiene un efecto importante en el éxito del enraizamiento y debe ser considerado como parte integral de cualquier sistema de propagación. Un buen sustrato combina una buena aireación con alta capacidad de retención de agua, buen drenaje y libre de agentes contaminantes.

Un buen sistema de enraizamiento se considera cuando es superior al 70 % (Leakey, 1987, citado por Gutiérrez, 2003).

La relación entre aire y agua en el medio de enraizamiento juega un papel importante en el éxito de la macropropagación al influir la cantidad de oxígeno que pueda haber en la base de las estacas, donde las raíces son formadas (Haissig, 1974, citado por Núñez, 1997).

Adicionalmente, el exceso de agua alrededor de la base de la estaca funciona como una barrera para la difusión del oxígeno, causando en el peor de los casos, anoxia y muerte de los tejidos (Loach, 1977).

Mesén (1998), menciona que estudios realizados en el CATIE, han empleado sustratos fáciles de conseguir, generalmente grava fina, arena, aserrín descompuesto y mezclas de estos materiales. La arena fina en general ha dado buenos resultados con la mayoría de las especies.

Longman (1993), citado por Mesén (1998), indica que no se debe aplicar fertilizantes al sustrato ya que la iniciación de las raíces es un proceso

interno, controlado hormonalmente, que no es afectado por el nivel nutricional del sustrato; además el uso de fertilizantes puede estimular el crecimiento de algas y musgos en la superficie del medio.

3.7 El propagador de sub irrigación

El propagador de sub irrigación según (Leakey, 1990), consiste básicamente en un marco de madera o de metal rodeado por plástico transparente para hacerlo impermeable. Los primeros 25 cm se cubren con capas sucesivas de piedras grandes (6,0 a 10,0 cm de diámetro), piedras pequeñas (3,0 a 6,0 cm) y grava, y los últimos cinco centímetros se cubren con un sustrato de enraizamiento (arena fina, aserrín, etc.). Los 20 cm basales se llenan con agua, de manera que el sustrato de enraizamiento siempre se mantendrá húmedo por capilaridad. Para introducir el agua u observar su nivel, se utiliza una sección de bambú o cualquier otro material insertado verticalmente a través de las diferentes capas de material. Internamente se utilizan marcos de reglas que le dan apoyo a la estructura y a la vez proporcionan subdivisiones que permiten el uso de sustratos diferentes dentro del mismo propagador. La caja se cubre con una tapa que ajuste bien, también forrada de plástico, para mantener alta la humedad interna. El agua del propagador debe cambiarse al menos cada seis meses.

3.8 Auxinas

Las auxinas son un grupo de hormonas vegetales naturales que regulan muchos aspectos del desarrollo y crecimiento de plantas. La forma predominante en las plantas es el ácido indolacético (IAA), muy activo en

bioensayos y presente comúnmente en concentraciones nanomolares. Otras formas naturales de auxinas son el ácido 4-cloro-indolacético (4-Cl-IAA), ácido fenilacético (PAA), ácido indol butírico (IBA) y el ácido indol propiónico (IPA). (Ludwig-Müller & Cohen ,2002).

Entre las auxinas, el AIB es más utilizado, ya que no es tóxico en un amplio rango de concentraciones para un gran número de especies y químicamente más estable que el AIA, al contacto con el sustrato de propagación (Couvillon, 1988; Hartmann *et al.*, 2002).

a. Efectos fisiológicos de las auxinas

- Efecto promotor en la formación de raíces laterales y adventicias
- Participación en respuestas trópicas (Fototropismo y Gravitropismo).
- Regulación del ciclo celular.
- Regulación de la dominancia apical.
- Promueven el crecimiento de los frutos.
- Regulación del desarrollo floral.

El proceso de rizogénesis está íntimamente asociado a la división celular. Una práctica común en horticultura es aplicar auxinas para favorecer el enraizamiento de esquejes. En técnicas de cultivo de tejidos se utilizan auxinas y citocininas para promover la división celular y la diferenciación de raíces y tallos, respectivamente. Las auxinas estimulan a la división de células localizadas en el periciclo en la zona justo arriba de la zona de elongación para provocar la formación de raíces laterales. Este fenómeno también se

aplica en la formación de raíces adventicias la cual puede ocurrir en varios tejidos donde existan un grupo de células en activa división.

3.8.1. Ácido-3-indol butírico (AIB)

AIB es una auxina sintética químicamente similar al AIA que en la mayoría de las especies ha demostrado ser más efectiva que cualquier otra y es actualmente la de mayor uso como sustancia promotora de enraizamiento. Tiene la ventaja de que no es tóxica en un amplio rango de concentraciones, no es degradada fácilmente por la luz o microorganismos y al ser insoluble en agua, permanece por más tiempo en el sitio de aplicación donde puede ejercer un mayor efecto (Mesén, 1998).

El modo exacto de acción del ácido indolbutírico es poco conocido. Cierta evidencia genética sugiere que esta hormona vegetal podría convertirse en ácido indolacético a través de un proceso similar a la beta oxidación de los ácidos grasos. De ser así, la conversión del ácido indolbutírico en ácido indolacético significaría que el primero podría funcionar como un sumidero de almacenamiento para el segundo en las planta.

IV. MATERIALES Y METODOS

4.1 Materiales

4.1.1 Ubicación del experimento

El presente trabajo de investigación se realizó en las instalaciones del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana IIAP – San Martín, ubicado en el distrito de Morales, provincia y departamento de San Martín; cuyas coordenadas UTM son N 9283654 y E 0347742 y a una altitud de 332 m.s.n.m.m.

4.1.2. Condiciones climáticas

Cuadro 2. Datos climáticos de Junio a Agosto del 2014, correspondiente el periodo experimental.

Mes.	Temperatura (°C)			Humedad Relativa (%)	Precip. (mm)
	Mínima	Máxima	Media		
Junio.	19,33	24,93	22,13	72,92	46,20
Julio.	19,17	26,68	22,92	66,52	56,25
Agosto.	19,36	26,20	22,78	70,63	130,95
Total	57,86	77,81	67,83	210,07	233,35
Promedio	19,28	25,93	22,61	70.02	77,78

Fuente: Estación Meteorológica del IIAP – 2014.

4.1.3. Cámara de enraizamiento

La cámara de sub irrigación es un propagador basado en el diseño Howland (Leakey, 1990), su estructura es de listones de madera forrada con polietileno (mica translúcida) el cual crea su propio microclima; la base de la cámara está

rellena con lecho de piedras menudas sobre el cual se colocó los sustratos (grava fina y arena media) separados 0,80 m cada uno. Cada sustrato fue previamente lavado, desinfectado con lejía (hipoclorito de sodio al 5,25 %) y secado al sol.



Figura 3: Cámara de sub irrigación.

4.1.4. Características del invernadero

Se empleó madera dura con una altura de 2,0 m; para regular el paso de la radiación solar y la temperatura hacia las cámaras propagadoras, se protegió colocando como techo malla sombreadora de 80% de sombra, colocadas a dos metros sobre el suelo.

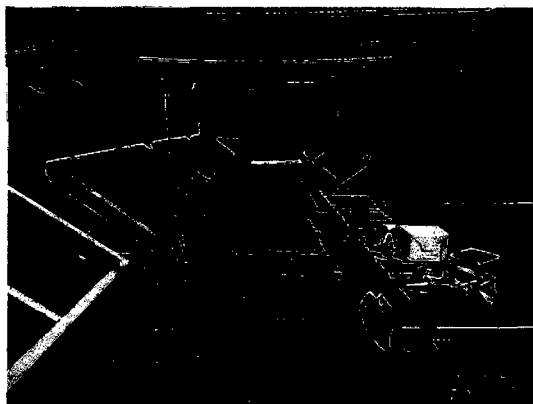


Figura 4: Características del invernadero.

4.2. Diseño experimental

Para la ejecución del presente trabajo de investigación Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial 4 x 2 (4 dosis de AIB y 2 tipos de sustrato), con 3 repeticiones y 12 estaquillas por unidad experimental.

Los resultados tomados en campo se procesaron mediante el programa estadístico de insfostat. Los datos fueron analizados mediante el análisis de varianza y sometidos a la prueba de Tukey con un nivel de significancia ($p < 0,05$) de probabilidad de error para determinar la naturaleza de las diferencias entre tratamientos. Previo análisis, los datos de porcentaje de enraizamiento, número de raíces, porcentaje de brotación, fueron transformados mediante la fórmula $\arcsen \sqrt{\%/100}$ y los datos de conteo transformados a $\sqrt{x+1}$ (Snedecor y Cochran 1980).

4.3. Componentes en estudio

4.3.1 Material vegetativo

Se utilizaron estacas de la especie de *Plukenetia huayllabambana* (R.B. 2009), que fueron colectadas en la región de Amazonas, provincia Rodríguez de Mendoza, distrito de Limabamba – (Pampa Hermosa),

Cuadro 3. Factores y niveles del experimento en cámara de sub irrigación

FACTORES	NIVELES
Dosis	A ₁ : 0 % A ₂ : 0,2 % A ₃ : 0,4 % A ₄ : 0,6 %
Sustrato	B ₁ : Grava fina (4,69 mm.) Kopecky (1936). B ₂ : Arena media (0,48 mm.) Kopecky (1936).

4.4. Tratamientos estudiados

Cuadro 4. Distribución de los tratamientos en estudio.

Tratamiento	Clave	Descripción
T 1	A ₁ B ₁	Dosis (AIB: 0%), Grava fina
T 2	A ₁ B ₂	Dosis (AIB: 0%), Arena media
T 3	A ₂ B ₁	Dosis (AIB:0,2 %), Grava fina
T 4	A ₂ B ₂	Dosis (AIB:0,2 %), Arena media
T 5	A ₃ B ₁	Dosis (AIB:0,4%), Grava fina
T 6	A ₃ B ₂	Dosis (AIB:0,4 %), Arena media
T 7	A ₄ B ₁	Dosis (AIB:0,6 %), Grava fina
T8	A ₄ B ₂	Dosis (AIB:0,6 %), Arena media

4.4.1 Análisis de varianza

Cuadro 5. Análisis de varianza

Fuente de variabilidad	GL
Tratamientos	7
A	3
B	1
AB	3
Error	16
Total	23

4.5. Disposición experimental

Características de las unidades experimentales

- **Cámara de propagación**

Área total de cámara : 1.91 m²

Área neta de cámara : 1.76 m²

Largo total de cámara : 2.40 m

Largo neto de cámara : 2.35 m

Ancho total de cámara : 0.80 m

Ancho neto de cámara : 0.75 m

- **Experimento**

Número total de repeticiones : 3

Dosis de AIB : 4

Tipo de sustrato : 2

Total de tratamientos : 8

Distanciamiento entre estaquillas : 0.10 m

Unidad del Experimento : 12 estaquillas

4.6. Ejecución del experimento

4.6.1 Construcción e implementación del propagador de sub irrigación

Se preparó el piso de cemento, nivelando y homogenizando el área dónde se instaló los propagadores de sub irrigación de madera, forrados con un plástico transparente que lo hace impermeable. Los primeros 25 cm se cubrió con capas sucesivas de piedras grandes (6,0 – 10,0 cm de diámetro), piedras pequeñas (3,0 – 6,0 cm), y los últimos cinco centímetros se cubrieron con un sustrato de enraizamiento (grava fina y arena media).

Los 20 cm basales se llenó con agua, de manera que el sustrato de enraizamiento siempre se mantenga húmedo por capilaridad. Para introducir el agua u observar su nivel, se utilizó una sección de Tubo de PVC insertado verticalmente a través de las diferentes capas de material. Internamente se utilizó marcos de reglas que le dan apoyo a la estructura y a la vez proporcionan subdivisiones que permiten el uso de sustratos diferentes dentro del mismo propagador. La caja se cubrió con una tapa que ajuste bien, también forrada de plástico, para mantener alta la humedad interna.



Figura 5: Construcción de la cámara de sub irrigación.

4.6.2 Construcción e implementación del invernadero

Para la construcción se empleó maderas de pumaquiro con una altura de 2,70 m. que fueron enterradas a 0,70 m. de profundidad colocados cada 4,0 m; se ha implementado colocando como techo una malla de sombra negra de 20 metros de largo x 4 metros de ancho, para lograr una sombra de 80 %.

4.6.3 Colecta

Las colectadas se realizaron en la región de amazonas, provincia Rodríguez de Mendoza , distrito de Limabamba – Pampa Hermosa, altitud de 1.720 m, donde después de identificar la especie se colectó todas las ramas posibles que podrían tener las planta, la selección fue basada en términos de características de disponibilidad de brotes tiernos para desarrollar el protocolo de propagación.

4.6.4 Cosecha de brotes al área de propagación

Se cosecharon brotes de 10 a 15 cm de longitud en horas tempranas del día, evitando el “estrés” fisiológico que podrían sufrir en el periodo desde la corta hasta su establecimiento en el propagador, con tijeras de podar desinfectadas con alcohol de 96 °, luego de cortar los brotes a cada planta, colocado en hieleras para el transporte, con una capa de cubos de hielo en el fondo, seguidos por capas alternas de papel húmedo y brotes, para bajar la temperatura y así evitar su deshidratación.

4.6.5 Preparación de estacas

Las estacas se cosecharon de brotes ortotrópicos, sanos y vigorosos de 30 a 50 cm de longitud eliminando el entrenudo terminal ya que es demasiado suave propenso a marchitamiento, cada brote nos generó 3 a 5 estacas, éstas se procesaron en un módulo con condiciones asépticas y adecuadas evitando así la contaminación y deshidratación de material. Las estacas se prepararon haciendo un corte oblicuo justo arriba de un nudo con una longitud de 8 cm, utilizando tijeras podadoras filosas, de manera que cada estaca contenga una hoja y al menos una yema, el cual dará origen al nuevo tallo.



Figura 6: Preparación de estacas.

4.6.6 Tratamiento hormonal de las estacas

La auxina utilizada fue el ácido-3-indol butírico químicamente pura marca MERCK. Se aplicó la auxina sintética ácido-3-indol butírico(AIB) disuelto en alcohol puro a 96° como solvente, aplicado a la base de la estaca (0,0 %; 0,2 %; 0,4 % y 0,6 % de AIB) aplicándose con una microjeringa 10 µl de las soluciones anteriormente preparadas, para tener un control exacto de la cantidad y la concentración aplicada a todas las estacas:

1. Para preparar una solución de AIB de 0 %, no se aplicó la fitohormona

- ✚ Para preparar una solución de AIB de 0,2 %, se disolvió 0,2 g de AIB en 100 ml de alcohol puro.
- ✚ Para preparar una solución de AIB de 0,4 %, se disolvió 0,4 g de AIB en 100 ml de alcohol puro
- ✚ Para preparar una solución de AIB de 0,6 %, se disolvió 0,6 g de AIB en 100 ml de alcohol puro



Figura 7: Tratamiento hormonal de las estacas.

4.6.7 Establecimiento de las estacas en el propagador y etiquetado

Antes de insertar las estacas en el propagador se hizo hoyos de aproximadamente 2 cm de profundidad en el sustrato previamente trazados, se colocaron las estacas con cuidado haciendo presión al sustrato firmemente alrededor de la estaca. El espaciamiento entre estacas fue de 10 x 10 cm Después de colocadas las estacas en el propagador se hizo un riego superficial para humedecer las hojas de las estacas. El etiquetado se realizó una vez instalado el ensayo

indicando el bloque, la combinación de factores en estudio, fecha y especie.



Figura 8: Establecimiento en el propagador.

4.6.8 Manejo de los propagadores de sub irrigación

Una vez que las estacas han sido establecidas en el propagador, se asperjó bien las hojas de las estacas con agua mediante un aspersor manual. Se realizaron inspecciones interdiarias para detectar y corregir problemas patológicos, eliminar hojas caídas o estacas con síntomas de necrosis que puedan ser foco de infección; observar y mantener el nivel de agua y evaluar el avance en el proceso de enraizamiento.

Siempre que se abrió la tapa del propagador para inspecciones, se roció con agua limpia las hojas de las estacas ayudándolas a mantenerlas turgentes y favorecer el proceso de enraizamiento.

4.6.9 Trasplante del material enraizado

Cuando las raíces tuvieron de 2,0 a 3,0 cm de longitud, se extrajo la estaca del propagador para ser plantado en un recipiente adecuado, que contenga una buena mezcla balanceada de sustrato. Se tuvo cuidado al realizar el trasplante, ya que las raíces recién formadas son delicadas y se quiebran fácilmente.



Figura 9: Trasplante del material vegetal.

4.6.10 Periodo de aclimatación

Las estacas trasplantadas se trasladaron a un ambiente protegido de los rayos solares y se aplicaron riegos frecuentes durante los primeros días (plantas bajo una malla y la aplicación de uno o dos riegos diarios). Después de 3 a 4 semanas bajo estas condiciones, se les dio el tratamiento normal de vivero.

4.7. Evaluaciones registradas

Las evaluaciones se realizaron a los 30 días de haber instalado el experimento.

4.7.1 Porcentaje de enraizamiento

Esta evaluación se realizó contándose el número de estacas enraizadas en base al total de unidades experimentales (12 estacas por unidad experimental) por tratamiento y por repetición.

4.7.2 Número de raíces

Esta evaluación se realizó contándose el número de raíces en base al total de unidades experimentales (12 estacas por unidad experimental) por tratamiento y por repetición.

4.7.3 Longitud de raíz mayor

Esta evaluación se realizó midiéndose con un vernier milimetrado, la longitud más larga de la raíz en base al total de unidades experimentales (12 estacas por unidad experimental) por tratamiento y por repetición.

4.7.4 Porcentaje de brotación

Esta evaluación se realizó contándose el número de estacas con brotes aéreos en base al total de unidades experimentales (12 estacas por unidad experimental) por tratamiento y por repetición o bloque.

IV. RESULTADOS

5.1 Porcentaje de enraizamiento

Cuadro 6: Análisis de varianza del porcentaje de enraizamiento evaluado a los 30 días. Datos transformados Arcsen $\sqrt{\%/100}$.

F. de V.	GL	SC	CM	FC	SIGNI
Tratamientos	7	0.85	0.12	180.86	**
A	3	2.69	0.90	338.608	**
B	1	0.10	0.10	38.8201	**
Inter AB	3	0.03	0.01	4.07407	n.s
Error	16	0.04	0.00		
TOTAL	23	2.35			

**= Altamente significativo * = significativo

N.S = no significativo

R² = 99%

C.V = 11 %

X = 26 %

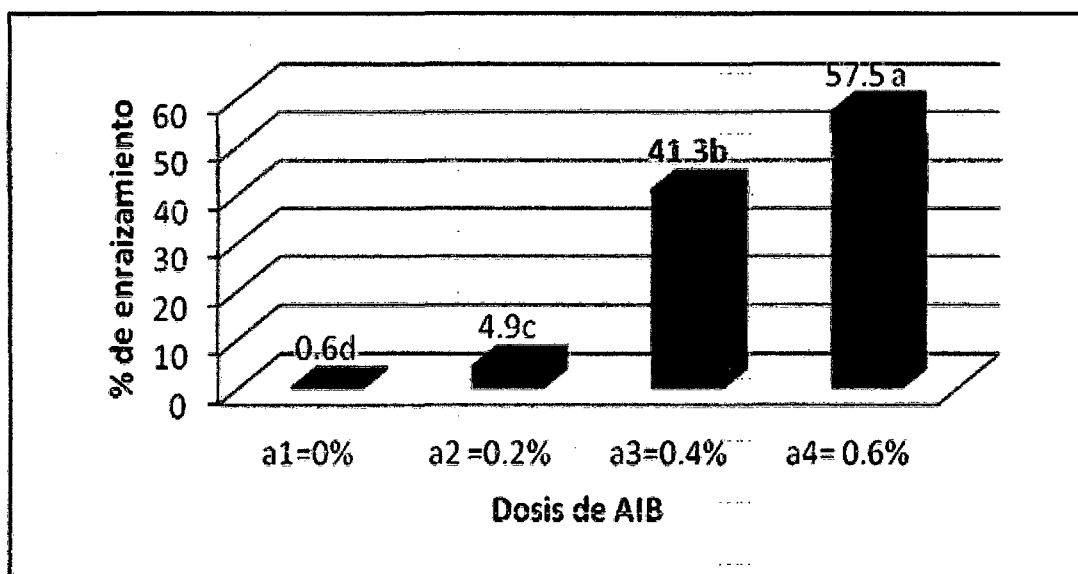


Gráfico 1: Prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) para los promedios de los niveles del Factor A (Dosis de AIB) respecto al porcentaje de enraizamiento.

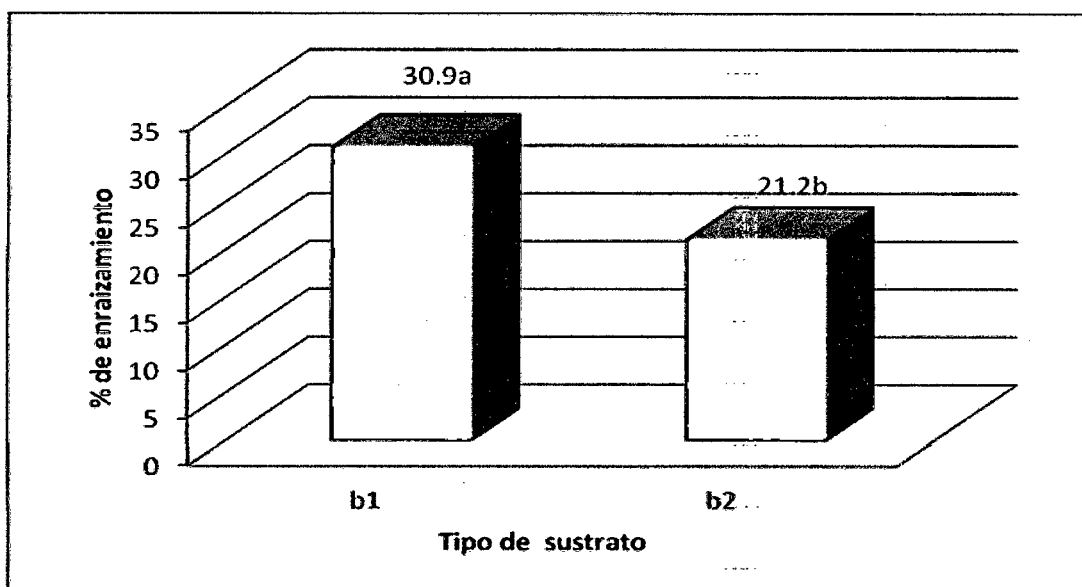


Gráfico 2: Prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) para los promedios de los niveles del Factor B (Tipo de sustrato) respecto al porcentaje de enraizamiento.

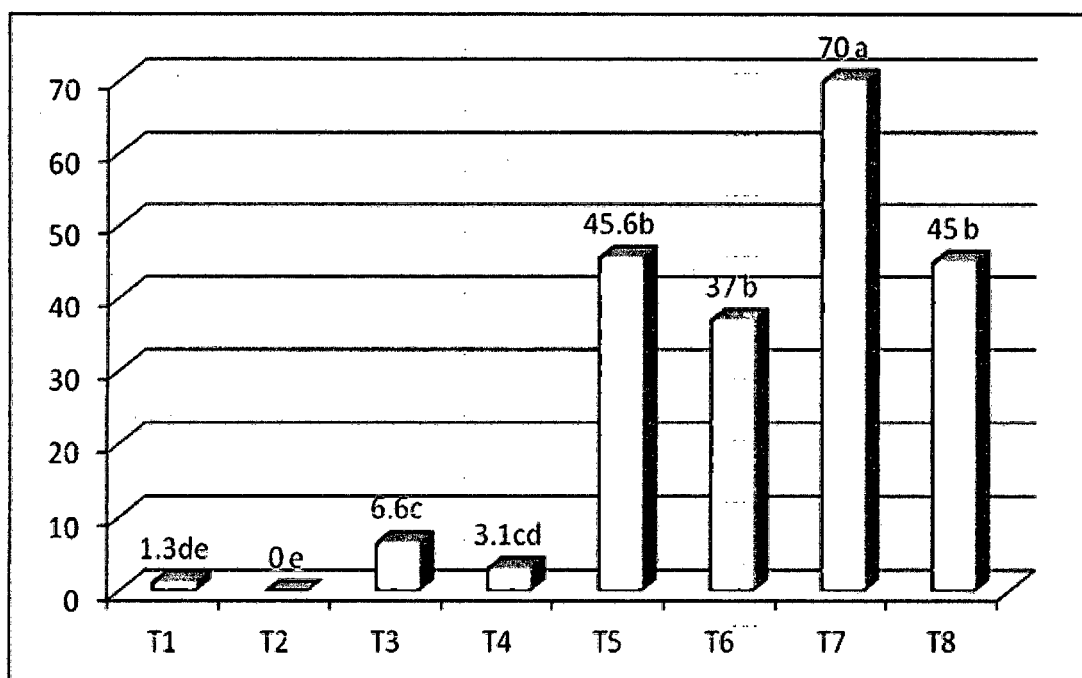


Gráfico 3: Prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) para los Tratamientos A y B en el porcentaje de enraizamiento.

5.2 Número de raíces

Cuadro 7. Análisis de varianza del número de raíz evaluado a los 30 días.
Datos transformados Arcsen $\sqrt{x+1}$.

F. de V.	GL	SC	CM	FC	SIGNI
TRATAMIENTOS	7	14.05	2.01	30.89	**
A	3	13.92	4.64	71.4145	**
B	1	0.04	0.04	0.56279	n.s
Inter AB	3	0.09	0.03	0.48613	n.s
Error	16	1.04	0.06		
TOTAL	23	15.09			

**= Altamente significativo * = significativo

N.S = no significativo

$R^2 = 93\%$

C.V = 14.65%

X= 2.65 raíces

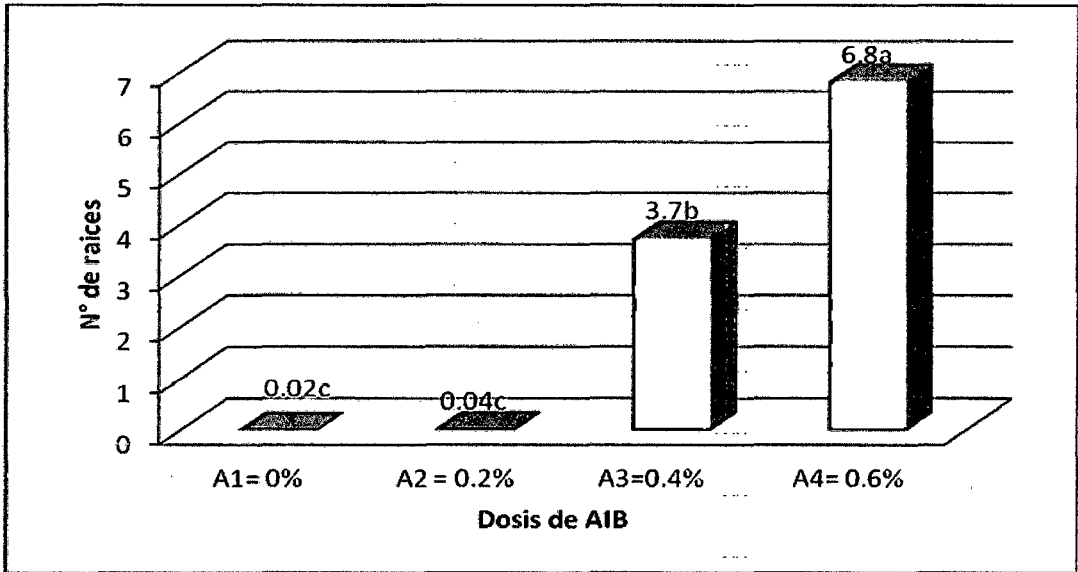


Gráfico 6: Prueba de Tukey ($\alpha=0.05$), para los promedios de los niveles del Factor A (Dosis de AIB) número de raíces.

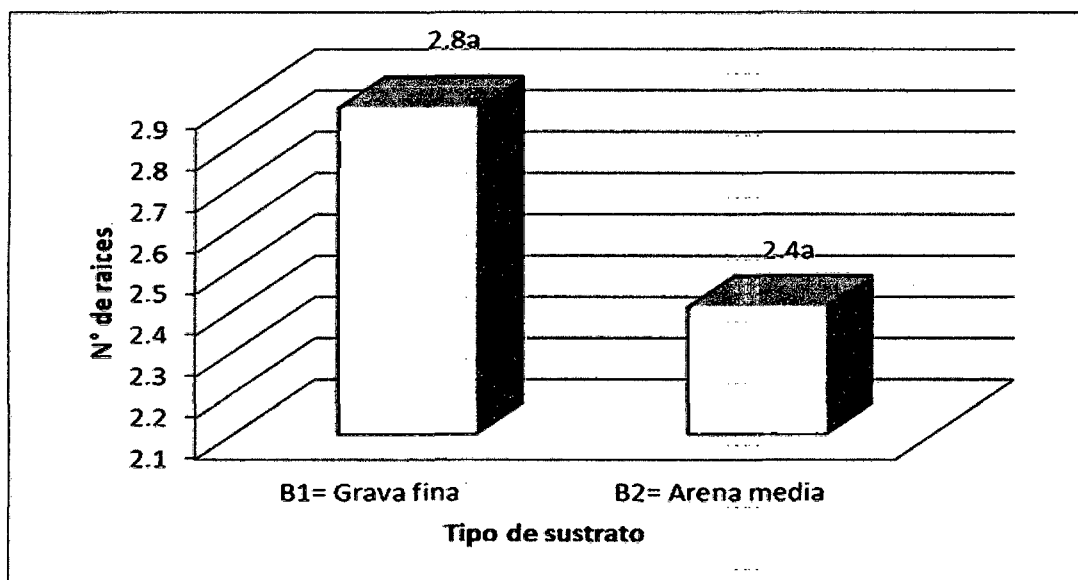


Gráfico 7: Prueba de Tukey para los promedios de los niveles del Factor B (Dosis de AIB) respecto al número de raíces.

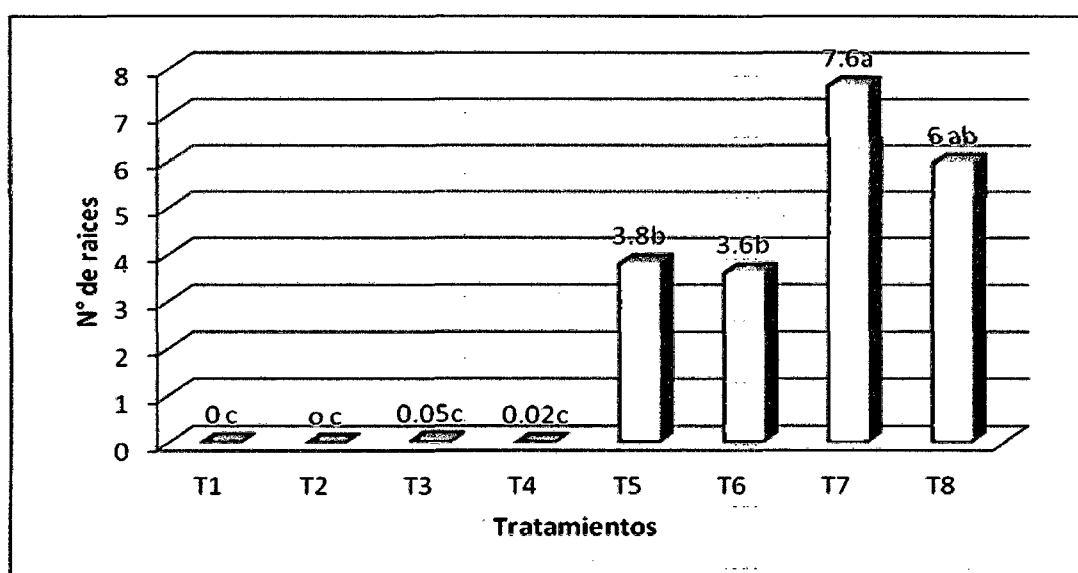


Gráfico 8: Prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) para los Tratamientos A y B para el número de raíces.

5.3 Porcentaje de brotación

Cuadro 8. Análisis de varianza del porcentaje de brotación evaluado a los 30 días. Datos transformados Arcsen $\sqrt{\%/100}$.

F. de V.	GL	SC	CM	FC	SIGNI
Tratamientos	7	1.32	0.19	63.5	**
A	3	3.03	1.01	1105.07	**
B	1	0.03	0.03	36.7867	**
Inter AB	3	0.06	0.02	21.0962	**
Error	16	0.01	0.00		
TOTAL	23	3.13			

**= Altamente significativo * = significativo

N.S = no significativo

R² = 99 %

C.V = 8.66 %

X= 20.75 %

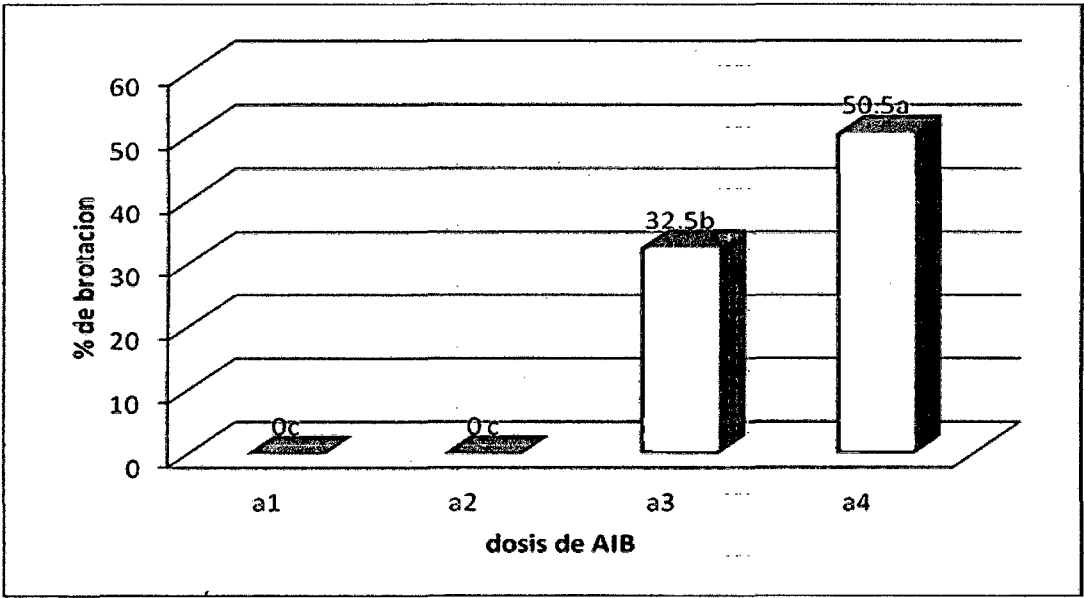


Gráfico 11: Prueba de Tukey ($\alpha=0.05$), para los promedios de los niveles del Factor A (Dosis de AIB) respecto al porcentaje de brotación.

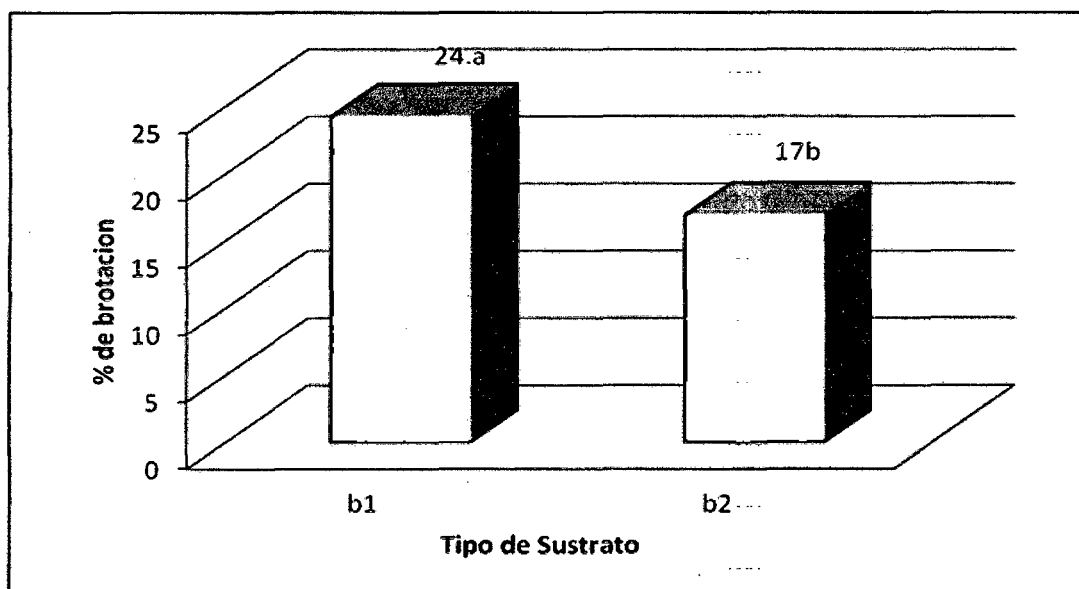


Gráfico 12: Prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) para los promedios de los niveles del Factor B (Tipo de sustrato) respecto al porcentaje brotación.

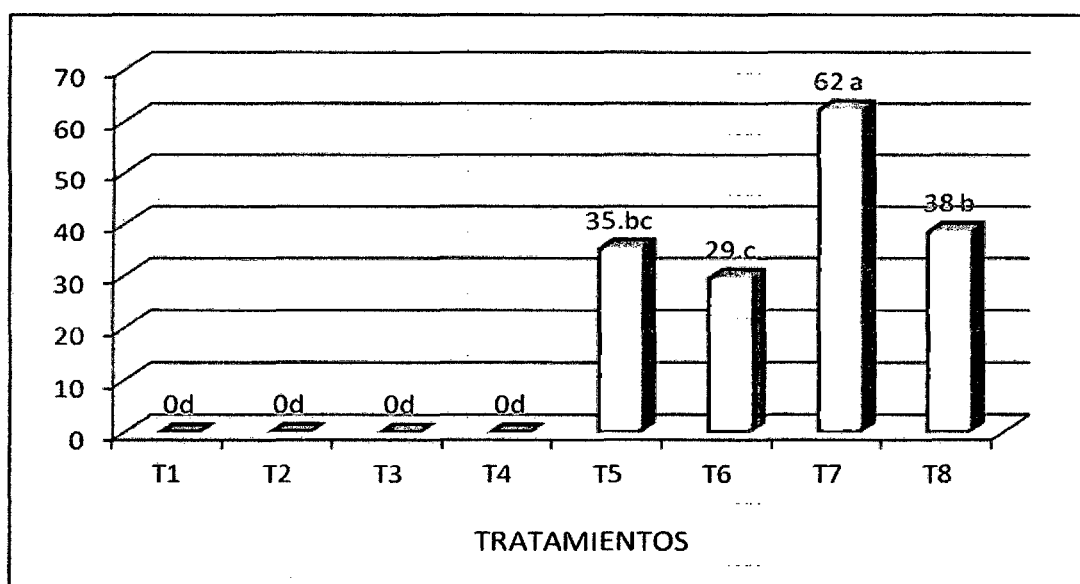


Gráfico 13: Prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) para los Tratamientos A y B en el porcentaje de brotación.

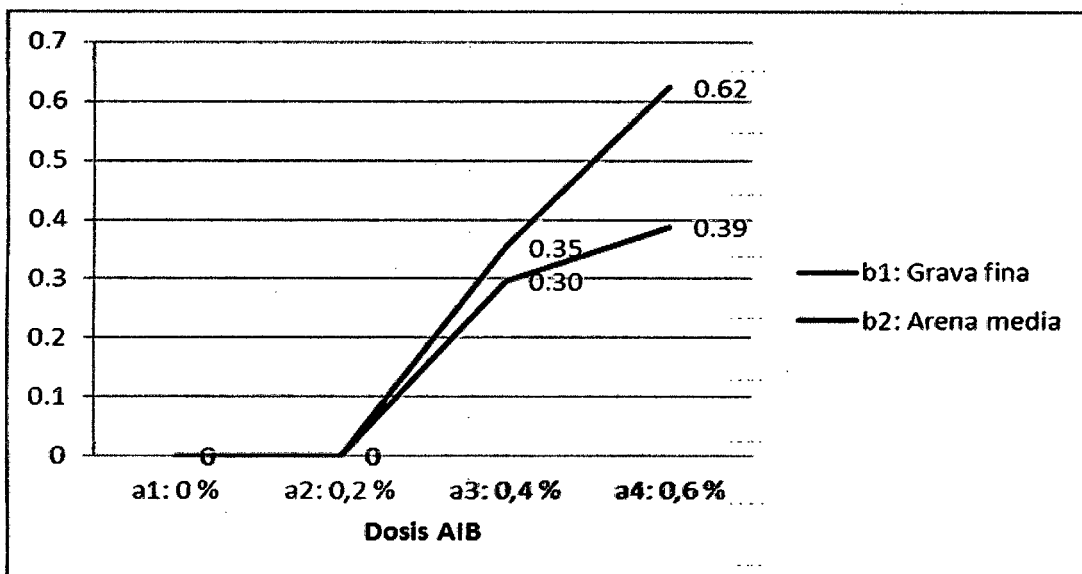


Gráfico 14: Efecto en la interacción del factor A (Dosis de AIB) dentro de los promedios de los niveles del factor B (Tipo de sustrato) al porcentaje de brotación.

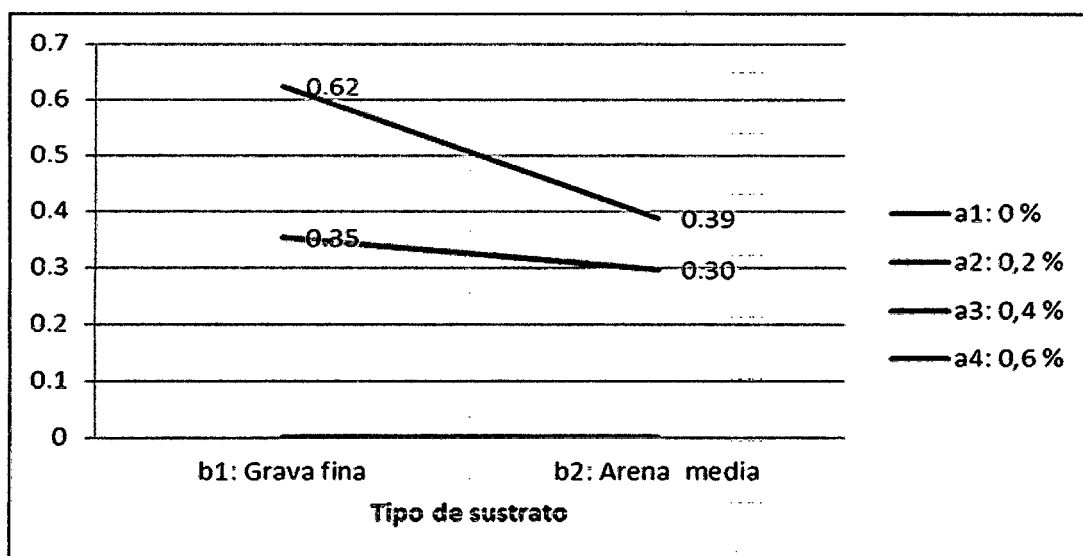


Gráfico 15: Efecto en la interacción del factor A (Tipo de sustrato) dentro de los promedios de los niveles del factor B (Dosis de AIB), al porcentaje de brotación.

5.4 Longitud de la raíz mayor

Cuadro 9. Análisis de varianza de longitud de raíz mayor evaluado a los 30 días.

F. de V.	GL	SC	CM	FC	SIGNI
TRATAMIENTOS	7	114.40	16.34	187.20	**
A	3	112.34	37.45	428.93	**
B	1	1.02	1.02	11.69	**
Inter AB	3	1.04	0.35	3.97	n.s
Error	16	1.40	0.09		
TOTAL	23	115.79			

**= Altamente significativo * = significativo

N.S = no significativo

$R^2 = 98.79\%$

C.V = 15%

$\bar{X} = 2.03 \text{ cm}$

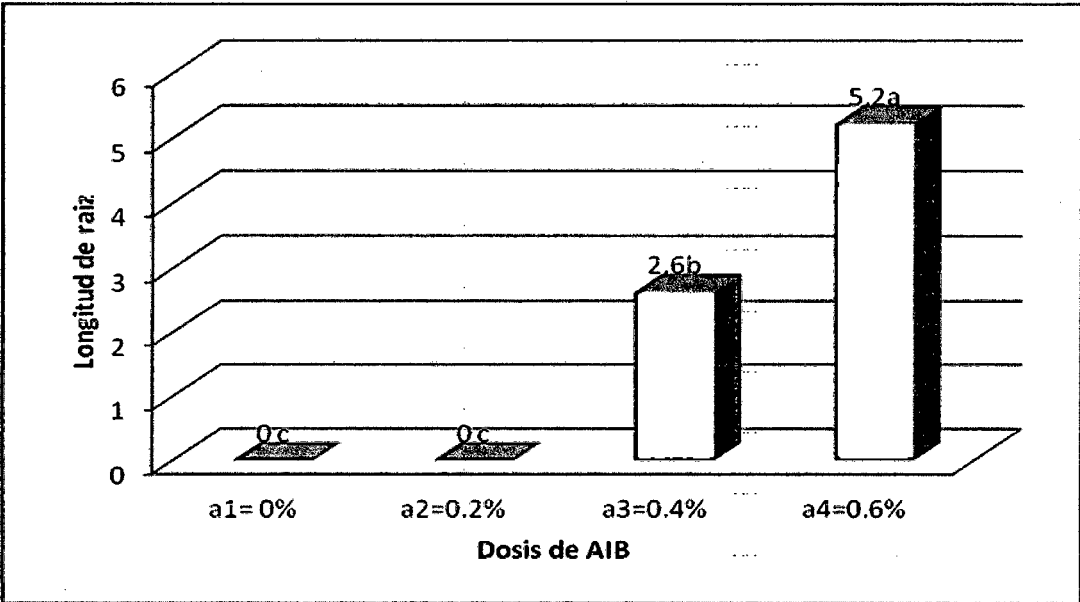


Gráfico 16: Prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) para los promedios de los niveles del Factor A (Dosis de AIB) respecto a la longitud de la raíz mayor.

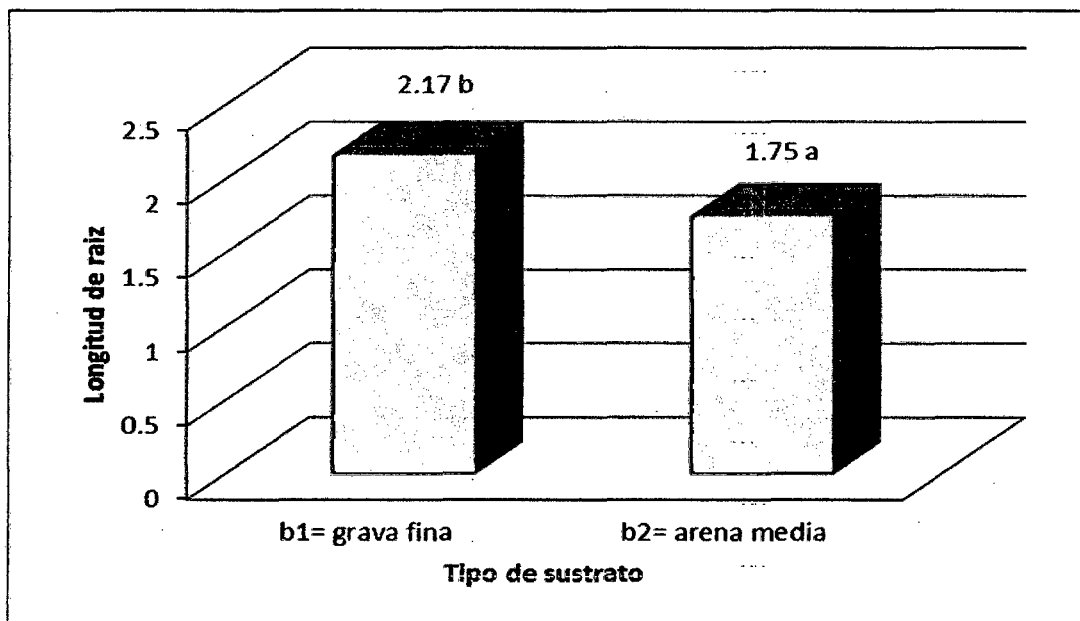


Gráfico 17: Prueba de Tukey ($\alpha=0.05$), para los promedios de los niveles del Factor B (Dosis de AIB) respecto a la longitud de raíz mayor.

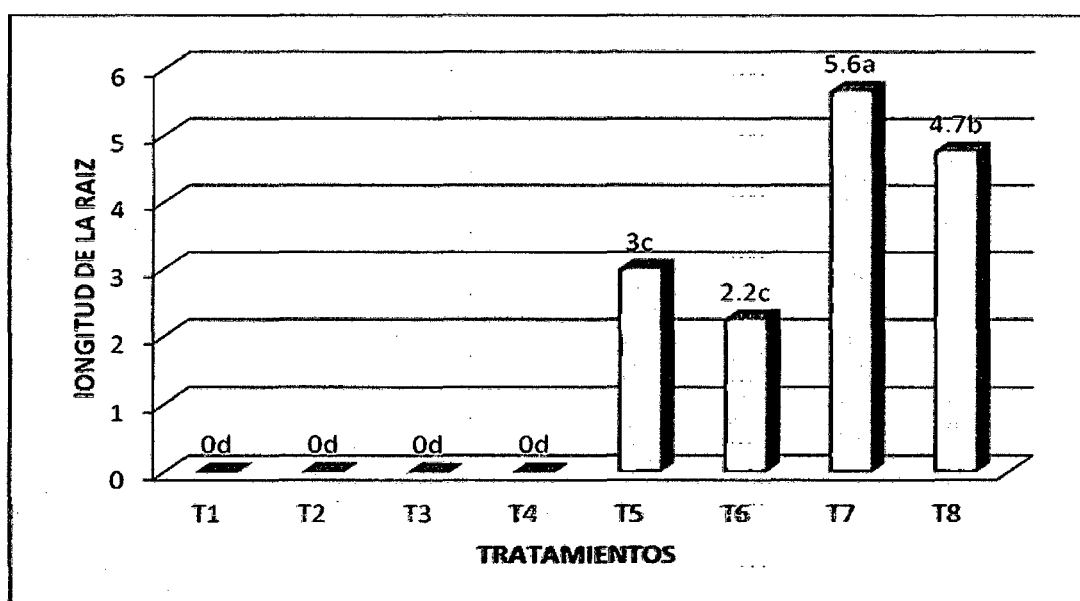


Gráfico 18: Prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) para los Tratamientos A y B respecto a la longitud de la raíz mayor.

VI. DISCUSIÓN

6.1 Porcentaje de enraizamiento

Del análisis de varianza (Cuadro 6) para el porcentaje de enraizamiento, se demuestra que existe diferencias altamente significativas para la fuente de variación: Dosis de AIB (A) y la fuente de variación Tipo de sustrato (B).

Sin embargo, en la interacción de los factores A y B, se presentaron diferencias estadísticas significativas. Por lo tanto el porcentaje de estacas enraizadas de *Plukenetia huayllabambana*, dependen de las diferentes dosis de ácido-3-indol butírico (AIB). Se obtuvieron una media de 26,0 % con un coeficiente de determinación de 99,0 % y un coeficiente de variabilidad de 11.0%.

En la prueba de rango múltiple de Tukey ($\alpha=0,05$) según Gráfico 1 para los promedios de los niveles del factor A (Dosis de AIB) correspondiente al % de enraizamiento existe una diferencia altamente significativa en las dosis de 0,6% de AIB con un valor alcanzado de 57,5% superando estadísticamente a los demás sub niveles del factor A.

En la prueba de rango múltiple de Tukey ($\alpha=0,05$) según Gráfico 2 para los promedios de los niveles del factor B (Tipos de sustrato) correspondiente existe una diferencia significativa en cuanto al tipo de sustrato para el porcentaje de enraizamiento.

De acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha=0,05$) para los efectos A y B Dosis de AIB y Tipo de Sustrato (Gráfico 3), el porcentaje de estacas enraizadas está sujeto a las Dosis de AIB, es decir el T₇ con un 70,0% de enraizamiento respectivamente, mostró diferencias altamente significativas en comparación a los demás tratamientos en estudio.

El mejor resultado se presentó en la dosis de 0,6 % de AIB, probablemente al parecer, por la mayor habilidad de enraizamiento en las estacas tratadas con AIB, incrementándose la actividad cambial subsecuente, aumento del tejido parenquimático, produciéndose mayor actividad metabólica en las estacas, circunstancia que puede incidir favorablemente en la disponibilidad de carbohidratos solubles durante el proceso de enraizamiento, efecto conocida para las auxinas (Vietez y Vietez., 1980). Haissig (1974); Leahey *et al.*, (1982) citado por Núñez (1997), mencionan sus efectos directos sobre la división celular asociados con un aumento en la tasa de transporte de carbohidratos y cofactores foliares a la base de las estacas donde promueven la iniciación y desarrollo de las raíces. Dichos efectos se pudieron observar en el mayor porcentaje de enraizamiento en las estacas de sachá inchi tratadas con AIB. Actualmente está bien establecido que los metabolitos y otros cofactores de crecimiento se translocan hacia las regiones tratadas con auxinas (Phillips, 1975). Otro efecto de las auxinas a la base de la estaca asociado con la formación de raíces, es su capacidad de estimular la síntesis de ADN en ciertas células (Gaspar y Hofinger, 1988).

Los resultados obtenidos difieren con lo manifestado por IIAP (2010), quienes indican que en la propagación de *Plukenetia volubilis* L. tuvieron un porcentaje de enraizamiento de 83.7 %, a una dosis de 0.2% de AIB y un sustrato de Arena media. Así mismo, la dosis de AIB a una concentración de 0.6% obtuvo los mayores valores en la propagación de *Plukenetia polyadenia* con un 100 % de porcentaje de enraizamiento.

6.2 Número de raíces

Del análisis de varianza (Cuadro 7) para el porcentaje de enraizamiento, se demuestra que existe diferencias altamente significativas para la fuente de variación: Dosis de AIB (A).

La interacción de los factores A y B no se presentaron diferencias estadísticas significativas. Por lo tanto el porcentaje de estacas enraizadas de *Plukenetia huayllabambana*, dependen de las diferentes dosis de ácido-3-indol butírico (AIB). Se obtuvieron una media de 2,65 raíces con un coeficiente de determinación de 93 % y un coeficiente de variabilidad de 14,65 %.

En la prueba de rango múltiple de Tukey ($\alpha=0,05$) según Gráfico 6 para los promedios de los niveles del factor A (Dosis de AIB) correspondiente al número de raíces, existe una diferencia altamente significativa en las dosis de 0,6% de AIB con un valor alcanzado de 6,8 superando estadísticamente a los demás niveles del factor A.

El número de raíces producidos por las estacas es altamente influenciado por la habilidad de la estaca a suplir carbohidratos, ya sea de reserva o producido mediante fotosíntesis, al área donde surgen las raíces (Lovell y White 1986, Moe y Andersen 1988, Veirskov y Andersen 1982). Por lo tanto, una vez que la estaca enraiza, las dosis crecientes de AIB mediante sus reconocidos efectos sobre la división celular y el transporte de sustancias hacia la base de la estaca, permiten el desarrollo de un mayor número de raíces, como se presentó en el siguiente estudio

En la prueba de rango múltiple de Tukey ($\alpha=0,05$) según Gráfico 7 para los promedios de los niveles del factor B (Tipos de sustrato) correspondiente, no existe una diferencia significativa en cuanto al tipo de sustrato para el porcentaje de enraizamiento, obteniendo valores de 2.8 y 2.4 raíces en ambos tipos de sustratos.

De acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha=0,05$) para los efectos A y B Dosis de AIB y Tipo de Sustrato (Gráfica 8), el porcentaje de estacas enraizadas está sujeto a las Dosis de AIB; es decir, el T₇ con una media de 7,6 en cuanto al número de raíces, mostró diferencias altamente significativas en comparación a los demás tratamientos en estudio.

El número promedio de raíces por estaca, mostró la típica tendencia creciente al aumentar la dosis de AIB, como se ha observado en muchas otras especies tropicales (Mesén, 1993; Mesén, 1997) tales como en estacas de *Cordia alliodora* (Mesén y Trejos, 1997); *Vochisia guatemalensis* (Mesén *et. al.*,

1996b) y *Khaya ivorensis* (Tchoundjeu y Leakey, 1996). Esto indica que la aplicación de AIB aceleró la formación y el crecimiento inicial de las raíces adventicias en las estacas de sachá inchi. Este incremento en el número de raíces puede estar relacionado con la función del ácido indolbutírico de promover la movilización de carbohidratos de hojas y de tallo a la base de las estacas (Haissig, 1986). Según Veierskov *et al.*, (1982), indican que una de las funciones de los carbohidratos en algunas especies es la de producir un incremento en el número de raíces por estaca. En todos los casos las raíces emergieron de la parte lateral de las estacas. Esta tendencia, posiblemente se relacione con la hipótesis de que cada una de las fases sucesivas que ocurren durante el proceso de enraizamiento es fisiológicamente diferente, como lo es también, la necesidad de auxina en cada fase (Gaspar y Hofinger, 1988). Se observó además en las estacas de sachá inchi no tratadas con AIB, un menor número de proliferación celular y una disminución en la formación del parénquima radical en las estacas, dando como consecuencia un número inferior de raíces emergidas indicando con ello que existió cierta liberación y traslocación de auxinas endógenas.

Estos trabajos difieren por lo mencionado por Bartra (2008), quién obtuvo 12.11 número de raíces con el sustrato de grava fina y 7.39 número de raíces en Arena media en la propagación de *Plukenetia volubilis* L. Así mismo, en la propagación de *Plukenetia polyadenia* obtuvieron una media de 13.17 raíces a una concentración de 0.6 % de AIB (IIAP, 2011).

6.3 Porcentaje de brotación

Del análisis de varianza (Cuadro 8) para el porcentaje de brotación, se demuestra que existe diferencias altamente significativas para la fuente de variación: Dosis de AIB (A) y la fuente de variación Tipo de sustrato (B).

La interacción de los factores A y B presentaron diferencias altamente significativas. Por lo tanto el porcentaje de estacas enraizadas de *Plukenetia carolis-vegae*, dependen de las diferentes dosis de ácido-3-indol butírico (AIB) y tipo de sustrato. Se obtuvieron una media de 20,75 % con un coeficiente de determinación de 99,0 % y un coeficiente de variabilidad de 8,66 %.

En la prueba de rango múltiple de Tukey ($\alpha=0,05$) según Gráfico 11 para los promedios de los niveles del factor A (Dosis de AIB) correspondiente al % de brotación existe una diferencia altamente significativa en las dosis de 0,6% de AIB con un valor alcanzado de 50,5% superando estadísticamente a los demás niveles del factor A.

En la prueba de rango múltiple de Tukey ($\alpha=0,05$) según Gráfico 12 para los promedios de los niveles del factor B (Tipos de sustrato) correspondiente, existe una diferencia significativa en cuanto al tipo de sustrato para el porcentaje de brotación, obteniendo el mejor valor en grava fina, con una media de 24,0%.

De acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha=0,05$) para los efectos A y B Dosis de AIB y Tipo de Sustrato (Gráfica 13), el porcentaje de brotación está sujeto a

las Dosis de AIB, es decir el T₇ con una media de 0.62 alcanzando el mejor valor de brotación y mostró diferencias altamente significativas en comparación a los demás tratamientos en estudio.

El mejor resultado se presentó en la dosis de 0,6 % de AIB, probablemente porque esta dosis favoreció un mejor y adecuado enraizamiento y con ello un mayor porcentaje de brotación, debido a que en las estacas basales existen gradientes hormonales en cantidades mayores que en las apicales. Las citoquininas probablemente sean los responsables de la brotación de yemas ya que éstas tienen un movimiento no polar (movimiento acropétalo) hacia el ápice (Ruiz *et al.*, 2005).

Para el porcentaje de brotación nos indica que estos resultados se deben a que en las estaquillas existen gradientes hormonales en cantidades mayores que en las intermedias. Ruiz (2010), menciona que las citoquininas probablemente sean las responsables de brotación de yemas ya que tienen un movimiento no polar (movimiento acropétalo) hacia el ápice.

Por otra parte, la activación de yemas dormantes se debe principalmente al efecto directo de citoquininas, ya que la aplicación de reguladores de crecimiento como el AIA (ácido indol acético), AIB (ácido-3-indol butírico), ANA (ácido naftalenacético), pueden elevar el contenido de auxina en el tejido y proporcionar mayor porcentaje, velocidad, calidad y uniformidad de enraizamiento (Norberto, 1999; Wendling *et al.*, 2000, citados por Torres, 2003).

Por tanto, las respuestas mostradas para el factor (A) es lógico a lo que explica (Norberto, 1999; Wendling *et al.*, 2000, citados por Torres, 2003), donde hace referencia de la dominancia de funciones que adquieren los reguladores en los tejidos se debe principalmente al balance entre Auxinas/citoquininas.

En el gráfico 1º se muestra el efecto de la interacción del factor A (Dosis de AIB) dentro de los promedios de los niveles del factor B (Tipo de sustrato) al porcentaje de brotación, la cual nos indica que los tipos de sustratos B1: grava fina y b2: arena media, solamente interactúan en los niveles 0% (a1) hasta 0,2% (a2) de dosis de AIB. Por otro lado, a partir de la dosis de 0,2% (a2) de AIB para ambos tipos de sustratos, éstos incrementan el porcentaje de brotación, siendo que el b1 (grava fina) alcanza el mayor promedio a una dosis de 0,6% de dosis con 62%.

En el Gráfico 11, se observa que la interacción está a un nivel de las dosis de 0% y 0,2%, donde los porcentajes de brotación, no alcanzan valores superiores a cero. Si mismo con el sustrato de grava fina (b1), los porcentajes de brotación fueron mayores en las dosis de 0,4% con 35% y 0,6% con 62%.

6.4 Longitud de raíz mayor

Del análisis de varianza (Cuadro 9) para Longitud de raíz mayor, se demuestra que existe diferencias altamente significativas para la fuente de variación: Dosis de AIB (A) y la fuente de variación Tipo de sustrato (B).

Así mismo, en la interacción de los factores A y B no se presentaron diferencias significativas. Por lo tanto, la longitud de raíz mayor de *Plukenetia huayllabambana*, dependen de las diferentes dosis de ácido-3-indol butírico (AIB) y Tipos de sustratos. Se obtuvieron una media de 2,3 con un coeficiente de determinación de 98,79 % y un coeficiente de variabilidad del 15 %.

Cameron (1968) citado por Henriquez (2004), afirma que la iniciación de raíces y el crecimiento radicular son procesos morfogenéticos separados y posiblemente cada uno requiere diferentes condiciones. Los resultados obtenidos son comparables con los descritos por García *et al.*, (2001), quienes evaluaron los efectos de diferentes concentraciones de AIB en la solanácea *Physalis ixocarpa* Brot., obteniendo mejores resultados con relación al incremento de la longitud de las raíces con los tratamientos con concentraciones de 0.10% y 0.15% de AIB.

En la prueba de rango múltiple de Tukey ($\alpha=0,05$) según Gráfico 16 para los promedios de los niveles del factor A (Dosis de AIB) correspondiente a la longitud de raíz mayor, existe una diferencia altamente significativa en las dosis de 0,6% de AIB con un valor alcanzado de 5,2 cm superando estadísticamente a los demás niveles del factor A.

En la prueba de rango múltiple de Tukey ($\alpha=0,05$) según Gráfico 17 para los promedios de los niveles del factor B (Tipos de sustrato) correspondiente, existe una diferencia altamente significativa en cuanto al tipo de sustrato para

la longitud de raíz mayor, obteniendo 2.16 cm en promedio para Grava fina y 1.54 cm en promedio con Arena Media.

De acuerdo con la prueba de Tukey ($\alpha=0,05$) para los efectos A y B Dosis de AIB y Tipo de Sustrato (Gráfica 18), la longitud de raíz mayor está sujeto a las Dosis de AIB; es decir, el T₇ y el T₈ con medias de 5,6 y 4,7 respectivamente, reportaron los mayores valores en cuanto a la longitud de raíz mayor r; los cuales mostraron diferencias altamente significativas en comparación a los demás tratamientos en estudio.

El mejor resultado se presentó en la dosis de 0,6 % de AIB y grava fina probablemente, porque tanto la dosis como el sustrato favorecieron un mejor y adecuado enraizamiento y con ello una mayor formación de raíces, teniendo similitud con los resultados obtenidos por Díaz (1991); Leakey (1990); Mesén (1992); Mesén (1993); Mesén y Trejos (1997); Núñez (1997), donde mencionan que con la concentración de 0,2 % de AIB, lograron obtener un mayor longitud de raíces para *Plukenetia volubilis* L; *A. acuminata*; *B. quinata*; *Cedrela odorata*; *E. deglupta*; *G. arborea* y *S. macrophylla* y *Platymiscium pinnatum*.

Asimismo, trabajos en la propagación de *Plukenetia polyadenia* con la dosis de 0.6 % se obtuvieron longitudes promedio de 6.14 cm. Reconociendo así los beneficios de la aplicación de auxinas en la división y alargamiento celular, además el transporte de carbohidratos y cofactores hacia la base de la estaca, promoviendo así la iniciación y el desarrollo de las raíces (Haissig, 1974, citado por Núñez 1997).

VI. CONCLUSIONES

- 7.1 La mejor dosis de ácido-3-indol butírico para el enraizamiento de estacas juveniles en *Plukenetia huayllabambana*, fue de 0,6 % de AIB, en comparación con las demás dosis de AIB.
- 7.2 El tipo de sustrato con los mejores resultados fue grava fina para el enraizamiento de estacas juveniles en *Plukenetia huayllabambana*.

VIII. RECOMENDACIONES

- 8.1 Continuar los trabajos de enraizamiento de estacas juveniles de *Plukenetia huayllabambana*, para la validación de una dosis de AIB al 0.6 % y tipo de estaquillas basales y luego poder recomendar en campo.
- 8.2 Se recomienda la utilización de los propagadores de subirrigación como cámaras para propiciar el enraizamiento de estaquillas.
- 8.3 Realizar un análisis económico de la propagación vegetativa en base a los resultados obtenidos con los mejores tratamientos en estudio.
- 8.4 En el interior de la cámara de sub irrigación se recomienda mantener humedad entre 70. 80 % y temperatura entre 28 – 30 °C, ya que se consideran adecuadas para su enraizamiento.
- 8.5 Realizar el transporte del material vegetativo en módulos con condiciones asépticas y adecuadas evitando así la contaminación y deshidratación del material.

IX. BIBLIOGRAFÍA

1. Ayala, F. (1999). Inventario Taxonómico de la Flora de la Amazonía Peruana. Herbarium Amazonense. Iquitos, Perú. 198 pp.
2. Banerjee, U. K. (1994). Macropropagation of coníferas – a review. Indian Forester (India) 120 (2): 119-123
3. Bartra, J. (2009). Dosis de ácido-3-indol butírico en el enraizamiento de estacas de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) en diferentes sustratos". Pags. 59.
4. Bartra, J. (2008). Dosis de ácido indolbutírico en el enraizamiento de estacas de sachá inchi (*plukenetia volubilis* l.) en diferentes sustratos. Tesis Ing, Agrónomo. Tarapoto – Perú. Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto. P. 87 (Sin publicar).
5. Blazich, F. (1988). Chemicals and Dormulations used to promete adventitious rooting. In: Davis, T; Haissig, BE; Sankhla, N (eds). Adventitious root formation in cuttings. Protiand, Oregon P. p 132-149.
6. Botti, C. (1999). Principios de la propagación y técnicas de propagación por estacas. En: Manejo tecnificado de invernaderos y propagación de plantas. Departamento de Producción Agrícola. Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de Chile. Santiago, Chile. 72-82 Págs.
7. Bussmann R.W., C. Téllez & A. Glenn. (2009). *Plukenetia huayllabambana* sp. nov. (Euphorbiaceae) from the upper Amazon of Peru. Nordic Journal of Botany 27: 313-315.

8. Cabello, A. (2000). Propagación Asexual. Apuntes de Clases N° 2. Departamento de Silvicultura. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Chile. 10 Págs.
9. Cachique, D.; Rodríguez, A.; Ruíz, S. H.; Vellejos, G y Solís, R. (2011). *Propagación vegetativa del sachá inchi (Plukenetia volubilis L.)* mediante enraizamiento de estacas juveniles en cámaras de subirrigación en la Amazonía Peruana. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana-Folia amazónica. VOL. 20 N° 1-2 2011: 95 – 100.
10. Calzada, J. (1970). Métodos estadísticos para la investigación. 3ra edición. Jurídica S. A. Lima – Perú.
11. Cameron, R. (1968). The propagation of *Pinus radiata* by cuttings. Influences affecting the rooting of cuttings. New Zealand Journal of Forestry 13(1):78- 89 p.
12. Couvillon, G. A. (1988). Rooting response to different treatments. Act. Hort. 227, 187-196.
13. Díaz, A.; Salazar, R., Mesén, F. (1991). Enraizamiento de estacas juveniles de *Cedrela odorata* L. Silvoenergía, 51. 4 p21.
14. Díaz, M. E. (1992). Enraizamiento de estacas juveniles de *Cedrela odorata* L. Silvoenergía. Turrialba, Costa Rica CATIE.
15. Dirr, M. y Heuser, C. Jr. (1987). The reference manual of woody plant propagation. From seed to tissue culture. Georgia, USA. Varsity Press INC. 239 Págs.
16. Estación Meteorológica del IIAP. (2014). Datos meteorológicos mensuales de los meses de Junio-Agosto de 2014 de temperatura máxima, mínima y

media mensual, humedad relativa media mensual, precipitación total mensual.

17. Evans, H. (1952). *Cerastostomella fimbriata* en el cacao de Venezuela. Enraizamiento de estacas de cacao "OC-77". Revista UNELLEZ de Ciencia y Tecnología con auxinas pueden aumentar la tasa iniciación radical y el número y peso de raíces.
18. Fanego, A. (2006). Aportes a la metodología de propagación de *Bougainvillea glabra* Choisy. Tesis presentada en opción del título académico de "Master en Ciencias Agrícolas", Universidad Agraria de la Habana Fructuoso Rodríguez Pérez. 56 p.
19. Galluser, E. (2004). Informe Preliminar. Caracterización e Identificación de Ecotipos del género *Plukenetia*. Tarapoto-Perú. 4 Págs.
20. García, L.; J. Jiménez, L, Peña y P. Rodríguez. (2001). Propagación vegetativa en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) mediante enraizamiento de esquejes. Agricultura Técnica México 21(1):27-33
21. Gaspar, T; Hofinger, M. (1988). Auxin metabolism during adventitious rooting. In: Davis T.D., Haissig B.E., Sankhla N (Eds). Adventitious Root Formation in Cuttings. Portland, EE: UU. BE Dioscorides Press, p. 117-131.
22. Gay, P.; Loach, K. (1977). Leaf conductance e changes in leafy cuttings of *Cornus* and *Rhododndron* during propagation. Journal of Horticulture Science 52: 509-516.
23. Gillespie, L. J. (1993). A synopsis of Neotropical *Plukenetia* (Euphorbiaceae) including two new species. Systematic Botany 18 (4).

24. Gillespie, L. J. (1997). A contribution of the Guianan Flora: *Dalechampia*, *Haematostemon*, *Omphalea*, *Pera*, *Plukenetia* and *Tragia* (Euphorbiaceae). Smithsonian Contribution to Botany, number 86. Smithsonian Institution Press. Washington, D. C. 48 pp.
25. Grange, R.I. and K. Loach. (1983^a). Environmental factors affecting water loss from leafy cuttings in different propagation systems. J. Hortic. Sci. 58:1-7.
26. Grange, R.I. and K. Loach. (1983^b). The water economy of unrooted cuttings. J. Hortic. Sci. 58:9--17.
27. Gutiérrez, A. (2003). Propagación del burío (*Heliocarpus appendiculatus* Turcz.) por semillas, estacas y acodos. Turrialba – Costa Rica. Págs. 107.
28. Gutiérrez, B. (1995). Consideraciones sobre la Fisiología y el Estado de Madurez en el Enraizamiento de Estacas de Especies Forestales. Santiago, Chile. Ciencia e Investigación Forestal. 9 (2): 261 – 277 Págs.
29. Haissig, E. (1986). Metabolic processes in adventitious rooting. In New Root Formation in Plants and Cuttings (Ed. Jackson, M.B.) Martinus Nijhoff Pub., Dordrecht/Boston/Lancaster. pp 141-189.
30. Haissig, E. B. (1974). Origin of adventitious roots. New Zealand Journal of Forestry Science (Nueva Zelanda) 4 (2): 299-310 Págs.
31. Hartman, H.; Kester, D. E; Davis, F.T. (1987) Plant Propagation. Principles and Practices. Prentice- Hall, Inc. Englewood cliffs. Fifth edition. New Jersey. 647 Págs.

32. Hartmann, T. y Kester, E. (1996). Propagación de plantas: principios y prácticas. Editorial continental S.A. México. 814 p.
33. Hartmann, T. y Kester, E. (1997). Propagación de plantas: principios y prácticas. Editorial continental S.A. México. 814 Págs.
34. Hartmann, H., J. Kester, F. Davies y R. Geneve. (2002). Plant propagation principles and practices. 7th Edition. Prentice Hall. 710 p.
35. Henriquez, E. (2004). Evaluación de tres factores de enraizamiento en morera (*Morus alba*). Tesis Ing. Agr. Santiago, Chile. Facultad de ciencias Agronómicas. Universidad de Chile. 77 Págs. [En línea]. Cybertesis. (<http://www.cybertesis.cl/tesis/uchile/2004/henriqueze/doc/henriqueze.pdf>).
36. Instituto de Investigación de la Amazonia Peruana (IIAP). (2010). Efecto de ácido indolbutírico y tipo de estaca en el enraizamiento de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.).
37. Jarvis, B. C. (1986). Endogenous control of adventitious rooting in now – wood. In: Jackson. MB. New root formation in plants and cuttings. Direct. NE. Martinus Nijhoff Publishers. p. 191-221.
38. Jinks, L. (1995). The effects of propagation environment on the rooting of leafy cuttings of ash (*Fraxinus excelsior* L), sycamore (*Acer pseudoplatanus* L.), and sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.). New Forests (EE.UU.) 10: Págs. 183 -195.
39. Kains, M. y Mcquesten, L. (1938). Propagation of plants. New York. USA. Orange Judo Publishing Company, INC. 639 Págs.
40. Leakey, R. R. B., Chapman, V. R., Longman, K. A. (1982). Physiological Studies for tree improvement and conservation. Some factors affecting

root initiation in cuttings of *Triplochiton scleroxylon* K. Schum. *Forest Ecology and Management*.

41. Leakey, R. R. B. (1987). Clonal Forestry in the tropics-A review of developments, strategies and opportunities. *Commonwealth Forestry Review* (Inglaterra). 66: 61-75 Págs.
42. Leakey, R. (1990). Propagación vegetativa de especies forestales. In *Manual sobre Mejoramiento genético*. CATIE, Turrialba. Costa Rica. Págs. 113 -120.
43. Leakey, R. R. B.; Mesen, F. (1991). Métodos de Propagación Vegetativa en Árboles Tropicales: Enraizamiento de Estacas Suculentas. CATIE, Turrialba. Costa Rica. p 113 -133.
44. Leakey, R. R. B.; Mohammed, H. R. (1985). The effects of stem length on root initiation in sequential single-node cuttings of *Triplochiton scleroxylon* K Schum. *Journal of Horticultural Science* (Inglaterra) 60 (3): 431-437.
45. Loach, K. (1977). Leaf wáter potential and the rooting of cuttings under mist and polythelene. *Physiology Plantarum* (Dinamarca) 40: Págs. 191 - 197.
46. Loach, K. (1988). Controlling environmental conditions to improve adventitious rooting. In: Davis T.D., Haissig B.E. and Sankhla N (eds). *Adventitious Root Formation in Cuttings*. Portland, EE:UU. BE Dioscorides Press, p. 248-273.
47. Loagman, K. A. (1993). Rooting Cuttings of Tropical Trees. *Tropical Trees: Propagation and Planting Manuals*. Vol. 1. Commonwealth Science Council, London. 137 Págs.

48. Lovell P.H., White J. (1986). Anatomical changes during adventitious root formation, pp. 111-140. In: M.B. Lackson (ed). New root formation in plants and cuttings. Martinus Nijhoff Publisher, Dordrecht.
49. Ludwig-Müller J & J. D, Cohen. (2002). Identification and quantification of three active auxins in different tissues of *Tropaeolum majus*. *Physiologia Plantarum* 115: 320–329.
50. Macdonald, B. (1986). Practical woody plant propagation for nursery growers. London. Ed. Batsford. 669 Págs.
51. Mansilla, D. (2004). Propagación vegetativa mediante estacado en especies nativas de los géneros *Mutisia*, *Escallonia* y *Gaultheria*, como Potenciales Cultivos Ornamentales. Tesis Ing. Agr. Valdivia, Chile. Universidad Austral de Chile. 68 p. (<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2004/fam288p/html/index-frames.html>).
52. Mesén, J. F. (1992). Hacia el desarrollo de técnica de silvicultura clonal para el pequeño finquero. *Chasqui* (Costa Rica) 28: 6-18 Págs.
53. Mesén, J. F. (1993). Vegetative propagation of Central American hardwoods Thesis PhD Scotland, University of Edinburgh. P. 231 Págs.
54. Mesén, F.; Leakey, B.; Newton, A. (1996). Propagadores de subirrigación. Un sistema simple y económico para la propagación vegetativa de especies forestales. In *Avances en la Producción de Semillas Forestales en América Latina*. Memorias, Salazar R (ed.), Managua, Nicaragua, 16-20 de octubre 1995. pp. 101-110.
55. Mesén, F. (1996b). Mejoramiento genético de especies forestales nativas de Costa Rica. In *Memoria: "Especies forestales nativas, una opción para*

la reforestación sustentable en Costa Rica". Asociación costarricense para el estudio de especies forestales nativas. Moravia, Costa Rica, Octubre. 12 -30 pp.

56. Mesén, F; Trejos, E. (1997). Propagación vegetativa de San Juan (*Vochysia guatemalensis* Donn. Smith) mediante enraizamiento de estacas juveniles. Revista Forestal Centroamericana, 21:19-24.
57. Mesén, F. (1997). Vegetative propagation of *Cordia alliodora*. Invited Chapter In Boshier DH and Lamb AT (Eds). *Cordia alliodora*, Genetics and Tree Improvement. Tropical Forestry Papers No. 36, Oxford Forestry Institute, Department of Plant Sciences, University of Oxford
58. Mesen, F. (1998). Enraizamiento de estacas juveniles de especies forestales: uso de propagadores de sub-irrigación. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 36 pág.
59. Moe, R; Anderson, A. S. (1988). Stock plant environment and subsequent Adventitious rooting. In Davis, D. T. Haissing, E. B; Sankhla, N eds. Adventitious root formation in cuttings. Oregon, Dioscorides Press. P 214-234.
60. Norberto, (2007). "Desarrollo de un modelo de evaluación de Efectos de las Auxinas de Guerreiro Trindade Diamantino Tiago, 1999. www.iamz.ciheam.org/.../Tesis%20cum%20maxima%20laude.htm.
61. Núñez, Y. (1997). Propagación Vegetativa del Cristóbal (*Platymiscium pinnatum*, Benth); Pilón (*Hyeronima alchorneoides*, Allemo) y Surá (*Terminalia oblonga*, Ruiz & Pavon) Mediante el Enraizamiento de Estacas Juveniles. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. Centro

Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 172 Págs. CATIE.
(<http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A0488e/A0488e.pdf#>).

62. Pastur, M. G.; Boyeras, F.; Abedini, W.; Beltrano, J. (1994). Análisis de la ciclófisis y la topófisis en *Populus deltoides* Bartir desde la formación del estaquero hasta una planta comercial. Investigación Agraria, Sistemas, Recursos forestales (España) 3 (2) 125-133.
63. Peate, N. (1989). Media for cutting propagation. Washington. U. S. A. The international plant propagators society. 39: Págs. 71-76.
64. Phillips J. (1975). Apical dominance. Annual Review of Plant Physiology 26:341-367.
65. PROMPERU. (17 de Agosto de 2013). PROMPERU. Obtenido de PROMPERU: www.promperu.gob.pe.
66. Radosta, P; Paques, E. L; Verger, M. (1994). Estimation of genetic and non-genetic parameters for rooting traits in hybrid Larch. Silvae Genética (Alemania) 43 (2-3): 108-114.
67. Rodríguez, A; Corazón; G. M.; Cachique, D.; Mejía, K.; Del Castillo, D.; Renno, J. F. y Gacia, D. C. (2010). Diferenciación morfológica y por ISSR (Inter simple sequence repeats) de especies del género *Plukenetia* (Euphorbiaceae) de la Amazonía peruana: propuesta de una nueva especie. Revistas Peruana v.17 n.3. Lima dic. 2010. versión On-line ISSN 1727-9933.
68. Rocha, G. (1998). Manual de propagación de plantas. Segunda Edición. Editorial Ateneo. Buenos Aires, Argentina. 209 p.
69. Rojas, V. P. (1990). Silvicultura clonal de *Eucalyptus*. Ciencia de Investigación Forestal (Chile).

70. Rojas, G. M. (1972). Fisiología Vegetal. México.
71. Ruiz, R.; Vargas, J. J.; Cetina, V. M.; y Villegas, A. (2005). Efecto del ácido indolbutírico (AIB) y tipo de estaca en el enraizado de *Gmelina arborea* Roxb. Rev. Fit. Mex. 28:319 – 326.
72. Ruiz, H. (2010). Efecto de cuatro dosis de ácido indolbutírico y tres tipos de estaquillas en el enraizamiento de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) en San Martín”. Tesis Ing, Agrónomo. Tingo María – Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. P. 110.
73. Sandoval, A. (1997). Propagación vegetativa de *Eucalyptus globulus* a través del enraizamiento de estacas. Tesis Ing. Forestal. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Concepción. 50 Págs.
74. Santelices, R. (2007). Efecto del ácido indolbutírico (AIB) y de la presencia de hojas en el arraigamiento de estacas de *Nothofagus glauca* (Phil.) Kraser cosechadas en dos épocas diferentes. Departamento de Ciencias Forestales y Centro de Investigación en biotecnología Silvoagícola, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad Católica de Chile. Ecología Austral 17: 151-158.
75. Santelices, R. (1998). Propagación vegetativa del Hualo, (*Nothofagus glauca* (Phil.) Krasser), mediante estacas procedentes de rebrotes de tocón. Tesis Magister en Ciencias Forestales, Mención Manejo Forestal. Escuela de Postgrado. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad de Chile. 93 Págs.
76. Sevilla y Holle. (2004). Recursos Genéticos Vegetales. Primera Edición. Edit. Torre Azul SAC. Lima, Perú. 445 Págs.

77. Sivori. (2004). España. 988 p Formato de archivo: PDF/Adobe Acrobat – Les orgánicos, carbohidratos, auxinas y otros factores de crecimiento.
78. Tchoundjeu, Z., Leakey, R. R. B. (1996). Vegetative propagation of African mahogany: effects of auxin, node position, leaf area and cutting length. *New For.* 11, 125–136.
79. Torres, A. (2003). Relação entre Sazonalidade Desrama e Carboidratos no Crescimento do Eucalypto Na propagação Vegetativa por Miniestaquia. Dissertação Mestrado. Piracicaba, SP, Brasil. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo. 65 Págs. (<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11150/tde-09122003-105826/>).
80. Tousignant, D.; Villeneuve, M; Rioux, M; Mercier, S. (1995). Effect of tree flowering and crown position on rooting success of cutting from 9- 74 year-old black spruce of seedling origin. *Canadian Journal of Forest Research.* (Canadá) 25: 1058-1063.
81. Valdés. (2001). PDF/AdobeAcrobat enraizamiento de estacas de *Glabra choisy*. Sustancias de reservas y auxinas que en ellas se produce, que en su movimiento.
82. Vega, C. (2013). *Plukenetia huayllabambana*.
83. Vietez y Vietez. (1980). Formato de archivo: PDF/Adobe Acrobat - Promotoras del enraizamiento (auxinas, cofactores, etc.) www.avocadosource.com/papers/Chile_Papers.../GandulfoLuz1983.pdf
84. Vierskov, B.; Andersen, A. S; Ericksen, E. N. (1982). Dynamics of extractable Carbohydrates in *Pisum sativum* L. Carbohydrate and nitrogen Content

in pea plants and cuttings grown at two different irradiances. *Physiologia Plantarum* (Dinamarca) 55: 167-173.

85. Veierskov B., Andersen A. S. (1982). Dynamics of extractable carbohydrates in *Pisum sativum*. III. The effect of IAA and temperature on content and translocation of carbohydrates in pea cuttings during rooting. *Physiologia Plantarum* 55:179-182.
86. Wendling, I; X. A.; Gomes, J. M.; Pires, I. E; Andrade, H. B. (2000). Propagación Clonal de Híbridos de *Eucalyptus* spp, por Miniestaquilla. *Revista Árvor, Viosa-MG*,24(1):181-186.
87. Wilson, P. J. (1994). Contributions of the leaves and axillary shoots to rooting in *Eucalyptus grandis* Hillex Maid stem cutting. *Journal of Horticultural Science (Inglaterra)* 69 (6): 999-1007.
88. Xavier, A. (2002). Silvicultura Clonal I; Principios e Técnicas de Propagacao vegetativa. *Caderno Didático, UFV, Viosa-MG*, (92):64p.
89. Zobel, B. y Talbert, J. (1992). Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales. México. Ed. Limusa. 554 Págs.
90. Zobel, B. y Talbert, J. (1988). Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales. México. Ed. Limusa. 554 p.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo específico de determinar la mayor y mejor respuesta de enraizamiento de *Plukenetia huayllabambana* (Bussmann *et al.*, 2009), a través de cuatro dosis de ácido-3-indol butírico y de dos tipos de sustratos en cámaras de sub irrigación en la provincia de San Martín. El presente trabajo de investigación se realizó en las instalaciones del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana IIAP – San Martín, ubicado en el distrito de Morales, provincia y departamento de San Martín; cuyas coordenadas UTM son N 9283654 y E 0347742 y a una altitud de 332 m.s.n.m.m. Para la ejecución del presente trabajo de investigación Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial 4 x 2 (4 dosis de AIB y 2 tipos de sustrato), con 3 repeticiones y 12 estaquillas por unidad experimental. Los resultados tomados en campo se procesaron mediante el programa estadístico de insfostat. Los datos fueron analizados mediante el análisis de varianza y sometidos a la prueba de Tukey con un nivel de significancia ($p < 0,05$) de probabilidad de error para determinar la naturaleza de las diferencias entre tratamientos. Previo análisis, los datos de porcentaje de enraizamiento, número de raíces, porcentaje de brotación, fueron transformados mediante la fórmula $\arcsen \sqrt{\%/100}$ y los datos de conteo transformados a $\sqrt{x+1}$ (Snedecor y Cochran 1980). Se utilizaron estacas de la especie de *Plukenetia huayllabambana* (R.B. 2009), que fueron colectadas en la región de Amazonas, provincia Rodríguez de Mendoza, distrito de Limabamba – (Pampa Hermosa).

Las variables evaluadas fueron: Porcentaje de enraizamiento, número de raíces, longitud de raíces y porcentaje de brotación. Los resultados obtenidos indican que la mejor dosis de ácido-3-indol butírico para el enraizamiento de estacas juveniles en *Plukenetia huayllabambana*, fue de 0,6 % de AIB, en comparación con las demás dosis de AIB. El tipo de sustrato con los mejores resultados fue grava fina para el enraizamiento de estacas juveniles en *Plukenetia huayllabambana*.

Palabras Claves: Plukenetia, influencia, ácido, indol butírico, dosis, sustrato, grava fina, arena media, brotamiento, raíces, porcentaje, enraizamiento.

SUMMARY

This research has the specific purpose of determining the highest and best answer rooting *Plukenetia huayllabambana* (Bussmann et al., 2009), through four doses of acid indole-3-butyric and two types of substrates cameras sub irrigation in the province of San Martin. This research was conducted at the premises of the Research Institute of the Peruvian Amazon IIAP - San Martin, located in the district of Morales, province and department of San Martin; UTM coordinates of which they are N 9283654 and 0347742 E and at an altitude of 332 m.s.n.m.m. For the implementation of this research design was completely randomized factorial arrangement 4 x 2 (4 doses of AIB and 2 types of substrate) with 3 replications and 12 cuttings per experimental unit. The results obtained in the field were processed using the statistical program insfostat. Data were analyzed using analysis of variance and subjected to the Tukey test with a significance level ($p < 0.05$) probability of error in determining the nature of the differences between treatments. Previous analysis, data rooting percentage, number of roots, percentage of sprouting, were transformed by arcsin formula and processed data count (Snedecor and Cochran 1980). (Pampa Hermosa) - Stakes kind of *Plukenetia huayllabambana* (Bussmann. 2009), which were collected in the region of Amazonas province Rodríguez de Mendoza, Limabamba District were used.

The variables evaluated were: percentage of rooting, number of roots, root length and percentage of sprouting. The results indicate that the best dose of acid indole-3-butyric rooting juvenile cuttings in *Plukenetia huayllabambana*, was 0.6% of AIB, compared to other doses of AIB. The type of substrate with the best results was fine for rooting juvenile cuttings in *Plukenetia huayllabambana* gravel.

Keywords: *Plukenetia*, influence, acid, butyric indole, dosage, substrate, fine gravel, half sand, sprouting, roots, percentage, rooting.

ANEXO

Anexo 1. Datos originales

Tratamientos	Variables											
	Porcentaje de enraizamiento (%)						Porcentaje de brotación (%)					
	Datos originales			Datos Transformados $\text{Arcsen} \sqrt{\%}$			Datos originales			Datos Transformados $\text{Arcsen} \sqrt{\%}$		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
T1	2.00	0.00	2.00	0.14	0.00	0.14	0	0	0	0	0	0
T2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0	0	0
T3	5.00	7.00	8.00	0.23	0.27	0.29	0	0	0	0	0	0
T4	4.00	2.00	3.50	0.20	0.14	0.19	0	0	0	0	0	0
T5	51.00	41.00	45.00	0.80	0.69	0.74	30	42	34	0.58	0.71	0.62
T6	39.00	39.00	33.00	0.67	0.67	0.61	30	28	31	0.58	0.56	0.89
T7	67.00	78.00	65.00	0.96	1.08	0.94	66	60	61	0.95	0.89	0.90
T8	50.00	40.00	45.00	0.79	0.68	0.74	40	42	34	0.68	0.71	0.62
Tratamientos	Número de raíces						Longitud raíces					
	Datos originales			Datos transformados $\sqrt{x+1}$			Datos originales					
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
T1	0.03	0.01	0.04	1.01	1.00	1.02	0	0	0	0	0	0
T2	0	0.02	0	1.00	1.01	1.00	0	0	0	0	0	0
T3	0.08	0	0.09	1.04	1.00	1.04	0	0	0	0	0	0
T4	0	0	0.05	1.00	1.00	1.02	0	0	0	0	0	0
T5	1	5	5.5	1.41	2.45	2.55	3.5	3	2.5	3.5	3	2.5
T6	3	3.8	4.1	2.00	2.19	2.26	2.45	2.31	2	2.45	2.31	2
T7	6	8	9	2.65	3.00	3.16	5.9	6.1	4.89	5.9	6.1	4.89
T8	5	6	7	2.45	2.65	2.83	4.9	4.89	4.5	4.9	4.89	4.5

Anexo 3. Cronograma de actividades

N°	ACTIVIDADES	CRONOGRAMA 2014			
		Junio	Julio	Agosto	Setiembre
	I. Enraizamiento de Estacas juveniles				
1	Construcción e implementación del propagador de subirrigación	X			
2	Selección y colectas	X			
3	Cosecha y traslado de brotes al área de propagación	X			
4	Preparación de estacas de <i>Pukenetia carolis-vegae</i>	X			
5	Tratamiento hormonal	X			
6	Establecimiento de las estacas juveniles en el propagador	X			
7	Manejo del propagador de subirrigación	x	X		
8	Determinación de resultados		x	x	x
9	Trasplante y acondicionamiento		X		
10	Aclimatación al medio		x		
11	Aclimatación de estaquillas enraizadas de <i>Plukenetia carolis-vegae</i> (plantones)			x	
12	Frecuencia de fertilización foliar			X	
13	Trasplante a campo definitivo				x
	II. Redacción Del Informe Final			x	x

Anexo 4. Condiciones microclimaticas dentro de la cámara de subirrigacion durante el desarrollo el desarrollo del experimento, IIAP – TARAPOTO

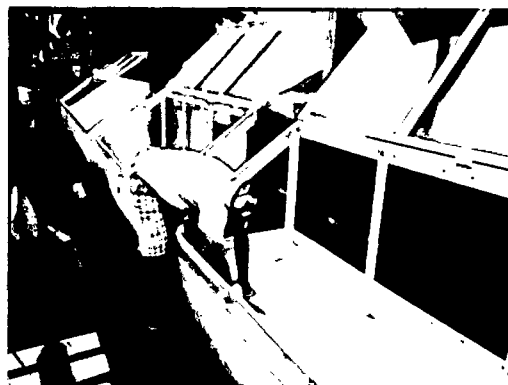
	humedad	Rango
Humedad relativa	76.45	62.45 – 88.13
Temperatura del aire (°C)	28.03	22.34 – 28.67
Temperatura del sustrato (°C)	24.56	24.21 – 30.14
Radiación solar (Lux)	74.34	0.80 – 144.45

Anexo 5. Galería de fotos

A.- Cámaras de sub irrigación



Implementación de materiales



Implementación de Sustrato

B.- Colecta del Material genético



Colecta de material

C.- Preparación de estacas



Preparación de estacas de
Plukentia huayllabambana



Estaca de *Plukenetia carolis-vegae*

C.- Tratamiento hormonal



Preparación de solución
enraizadora



Aplicación de solución

D.- Manejo del propagador



Cámara de sub irrigación con Plukenetia hayllabambana

D.- Material enraizado



Estaca de *Plukenetia huayllabambana*